

Levantamento de requisitos por operação para a implementação de um *Sistema de Execução da Produção*

Luís Afonso Girão

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Leitão



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-07-04

Resumo

Esta dissertação apresenta o levantamento de requisitos por operação produtiva para apoio à implementação de um Sistema de Execução da Produção, numa unidade de fabrico de rolhas. Terá como principal função obter informação do chão de fábrica, em tempo real, controlando e executando as operações e processos. O projeto surge da necessidade de substituição do Sistema de Planeamento de Recursos da Empresa existente na organização onde o projeto se insere, aliada aos inúmeros problemas do dia-a-dia da fábrica. Estes problemas estão relacionados maioritariamente com a grande quantidade de sistemas informáticos já existentes, com registos manuais, comunicação e transmissão de informação, aferição da produção, rastreabilidade e qualidade dos produtos. O ERP atual é pouco funcional, antigo e muito limitado, não tendo alcance suficiente que lhe permita recolher toda a informação útil do chão de fábrica. Para contornar essa situação e promover um controlo total da unidade industrial, o novo ERP, que será instalado no futuro, irá ter associado o sistema MES que começa agora a ser projetado. O objetivo é que o MES alimente o ERP com toda a informação ligada à fábrica, diminuindo o esforço computacional deste, eliminando os problemas existentes à data.

O foco deste trabalho divide-se em duas partes principais. Primeiro, uma abordagem profunda aos problemas existentes na unidade industrial onde o mesmo se insere, tanto gerais como particulares de cada operação. Estes são resultado de não existir um sistema informático capaz de absorver toda a informação útil e pertinente relacionada não só com os produtos, mas também com os materiais subsidiários, processos, máquinas, laboratório ou performance e eficiência das operações. Estes problemas consomem muito tempo aos operadores e todo o pessoal, não acrescentando qualquer tipo de valor ao produto, provocando muitos erros de informação e dificuldades de comunicação. Na primeira parte faz-se uma identificação e análise desses problemas, que resultou de um contacto constante com o chão de fábrica e com todo o pessoal. É também destes problemas que surge a necessidade de implementação de um Sistema de Execução da Produção.

Em segundo lugar elabora-se o levantamento de requisitos por operação produtiva. O levantamento tem como objetivo definir a informação que irá alimentar o sistema, assim como alguns conceitos que atualmente não estão clarificados. Por levantamento de requisitos entende-se a definição de conceitos como os *inputs* e *outputs* em cada operação, a forma de os identificar, as variáveis de máquina a controlar, assim como as variáveis de produto a analisar em laboratório ou no chão de fábrica, o número de máquinas existentes e a definição de indicadores de performance (KPI's), entre outros aspetos particulares a cada operação. Nesta parte será também descrita a informação a colocar nos relatórios de produção e de processo que passarão a existir. Para além disso, é feita referência a infraestruturas existentes que terão de ser ligadas ao sistema MES, assim como a novas infraestruturas que terão de ser instaladas para que seja possível gerar toda a informação.

No final do projeto condensa-se toda a informação obtida acerca da forma como o sistema MES pode resolver todos os problemas identificados, quando estiver totalmente implementado. Verifica-se a falta que um bom sistema informático faz numa unidade fabril e apuram-se as vantagens e benefícios oferecidos por uma aplicação deste género. O projeto termina com as perspetivas de trabalho futuro associadas a esta dissertação.

Requirements compilation per operation for the implementation of a Manufacturing Execution System

Abstract

This thesis gathers the requirements to support the implementation of a Manufacturing Execution System (MES) in a cork unit. The main goal will be to obtain real-time information from the shop floor, to controlling and executing all operations and processes. The project comes from the need to replace the existing Enterprise Resource Planning (ERP), along with solving all current problems. These relate mainly to the excessive amount of computer systems already implemented, manual records, mouth-to-mouth communication, traceability and product quality. The existing ERP is poorly functional, outdated and very limited, lacking in reach that allows to collect all useful shop floor information. To outcome this situation and promote full control of the industrial unit, the new ERP must be associated with the developing MES. The main goal is to have the MES providing all the shop floor information to the ERP, lowering the computer effort and eliminating the already described problems.

The focus of this paper is divided into two. First, a deep approach to the existing challenges of the factory where it is placed, both broad and specific to each operation. These result of the non-existence of a computer system capable of absorbing all the useful information, related not only to the products but to the subsidiary material, processes, machines, lab and efficiency of each operation. Too much of the operators' time is consumed, not adding any value to the product but adding plenty of faults and communication difficulties. During the first stage, the problems are identified and analyzed, as an end result of the constant connection with the shop floor and staff, stressing the need to implement a Manufacturing Execution System.

Second, the requirements gathering is presented. Its main goal is to acquire the information that will feed the system, as well as some concepts that are yet to be clarified. It defines concepts such as the inputs and outputs of each operation, how to identify them, which machine variables are to be controlled as well as the product's variables to analyze at the lab or shop floor, the number of machines, the definition of performance indicators (KPI's) and other specific aspects of each operation. This stage also describes what information is to be placed in future production and process reports. At last, all the existing infrastructures that will be connected to the MES are denoted, as well as new infrastructures that must be installed in order to provide all the needed data.

At the end, the project collects all the obtained information on how an MES can solve the identified problems. It is emphasized how much a good computer system is needed in a manufacturing unit, stressing the advantages and benefits offered by this sort of investment. The project ends with an overview of future work perspectives.

Agradecimentos

Em primeiro lugar deixo um agradecimento especial a todo o pessoal da unidade industrial “De Sousa”, que sempre se mostrou disponível para ajudar em qualquer dúvida ou necessidade de esclarecimento. Em especial, um agradecimento ao Engenheiro Venâncio Fernandes, meu orientador na empresa, ao André Henriques, Juliana Sousa, Victor Santos, Rui Pinto e António Mendes.

Também de grande importância foi o apoio dado pelo Professor Armando Leitão, que sempre se mostrou disponível para auxiliar na elaboração desta dissertação. Desta forma, deixo também aqui um agradecimento.

Agradeço também à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pelos cinco anos de aprendizagem que me disponibilizou, assim como pelas oportunidades oferecidas.

A nível familiar, agradeço aos meus pais pelo apoio dado ao longo do projeto. Agradeço também a uma pessoa que esteve sempre ao meu lado em todo este período, e espero que continue, Ana Jorge Reis.

Por último agradeço a bolsa de estágio disponibilizada pela empresa “Amorim&Irmãos”, onde o projeto decorreu.

Índice de Conteúdos

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2 O Projeto MES na “Amorim&Irmãos”	1
1.3 Objetivos do projeto	4
1.4 Método seguido no projeto.....	4
1.5 Estrutura da dissertação	5
2 Estado da arte dos <i>Sistemas de Execução da Produção (MES)</i>	6
2.1 Breve história dos sistemas MES.....	6
2.2 Funcionalidades dos sistemas MES	8
2.3 Vantagens e desvantagens dos sistemas MES	10
2.4 Fronteira e integração entre sistemas MES e ERP	10
2.5 Legacy Systems e principais fornecedores e aplicações	12
2.6 Principais limitações e dificuldades dos sistemas MES	12
2.7 MES no presente e no futuro e Indústria 4.0.....	13
2.8 Sistemas MES em Portugal	15
3 Substituição do ERP atual e principais problemas associados ao chão de fábrica	16
3.1 Unidade industrial “De Sousa” – sequência de operações.....	17
3.2 O MES existente atualmente na unidade industrial “De Sousa”	17
3.3 Problemas comuns a todas as operações	18
3.3.1 Os sistemas de informação existentes na unidade industrial	18
3.3.2 Identificação dos contentores e registos manuais	19
3.3.3 Visão geral da fábrica e planeamento de produção.....	20
3.3.4 Rastreabilidade da produção	21
3.3.5 Aferição das quantidades produzidas e controlo de inventário.....	22
3.3.6 Comunicação entre o laboratório e a fábrica	22
3.3.7 Critério FIFO e reprocessamentos.....	23
3.3.8 Indicadores de performance	24
3.3.9 Recipientes de produtos químicos e avarias de máquinas	24
3.4 Breve descrição das operações e problemas associados a cada uma	25
3.4.1 Trituração.....	25
3.4.2 Sistema de tratamento e secagem do granulado (ROSA®) e estabilização	25
3.4.3 Moldação	27
3.4.4 Extrusão e corte.....	28
3.4.5 Pesagem de rolhas e estabilização dos corpos ou rolhas	28
3.4.6 Acabamentos mecânicos.....	29
3.4.7 Lavação e Estufa	29
3.4.8 Escolha de rolhas	30
3.4.9 Embalagem/Ensaque.....	30
4 Levantamento de requisitos por operação.....	31
4.1 Considerações e requisitos iniciais	31
4.1.1 Inputs e outputs de produto	31
4.1.2 Condição básica de fiabilidade do sistema	32
4.1.3 Reprocessamentos.....	32
4.1.4 Receitas de produção e produtos químicos.....	33
4.1.5 Controlo de qualidade e conceito de “flag's barreira”	33
4.1.6 Análise de dados	34
4.1.7 Avarias e paragens de máquina	35
4.1.8 Material de embalagem	35
4.1.9 Níveis de autorização	35
4.2 Requisitos por operação	35

4.2.1	Trituração.....	36
4.2.2	Sistema de tratamento e secagem do granulado (ROSA®)	37
4.2.3	Moldação	38
4.2.4	Extrusão e corte.....	39
4.2.5	Pesagem.....	40
4.2.6	Estabilização do granulado e dos corpos ou rolhas.....	41
4.2.7	Acabamentos mecânicos.....	41
4.2.8	Lavação	42
4.2.9	Estufa de secagem/humidificação	43
4.2.10	Escolha eletrónica/manual.....	44
4.2.11	Embalagem/Ensaque.....	45
5	Conclusões do projeto.....	46
5.1	Possível solução para os problemas atuais	46
5.2	Perspetivas de trabalho futuro	48
	Referências	49
	ANEXO A: Sequência de operações na unidade industrial “De Sousa”	51
	ANEXO B: Esquemas resumo das operações a aplicar em MES	54
	ANEXO C: Mapa da zona de estabilização	64
	ANEXO D: MES AI 2016 - Levantamento de Requisitos por Operação (em volume separado)	65

Siglas

- CEP: Controlo Estatístico do Processo;
- ERP: *Enterprise resource planning*;
- FCP: Ficha Cliente Produto;
- FIFO: *First In First Out*;
- ISA: *International Society of Automation*;
- KPI: *Key Performance Indicator*;
- MES: *Manufacturing Execution System*;
- MOM: *Manufacturing Operations Management*;
- MRP: *Manufacturing resource planning*;
- OEE: *Overall Equipment Effectiveness*;
- PLC: *Programmable Logic Controller*;
- RN: tipo de granulado utilizado para produzir rolhas;
- ROSA®: *Rate of Optimal Steam Application*;
- SS: *Stock de Segurança*;
- TCA: 2,4,6 – Tricloroanisol;
- WIP: *Work In Progress*.

1. Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O tema da presente dissertação é o levantamento de requisitos por operação para apoio à futura implementação de um “Sistema de Execução da Produção” numa das unidades industriais da empresa “Amorim&Irmãos”. É um projeto de grande importância para a empresa dado que existe muita urgência em instalar um novo “Sistema de Planeamento dos Recursos da Empresa” no grupo. Para que este funcione corretamente e contemple toda a informação, é necessária a instalação do “Sistema de Execução da Produção” para lhe fornecer essa informação, associada maioritariamente ao chão de fábrica, em todas as unidades industriais do grupo. Para além disso, existem muitos problemas relacionados com o facto de não existir um sistema informático capaz de abranger todas as operações.

Nenhum dos sistemas referidos possui origem portuguesa, sendo que o “Sistema de Execução da Produção” é mais conhecido como “*Manufacturing Execution System*” (MES) e o “Sistema de Planeamento dos Recursos da Empresa” resulta do termo “*Enterprise Resource Planning*” (ERP). Assim, sempre que se fizer referência aos dois sistemas, estes serão denominados por “MES” e por “ERP”, respetivamente.

Este projeto insere-se na unidade industrial “De Sousa”, pertencente à área de negócios de Rolhas (“Amorim&Irmãos”). Deve ser realçado que no passado foi feito um projeto semelhante nesta unidade, denominado “MES – fase I”, mas que apenas se ficou por algumas das operações, revelando-se muito incompleto. Esse projeto incidiu apenas sobre a unidade industrial “De Sousa” e atualmente tem muito poucas aplicações. Assim, o novo MES será projetado sobre aquele que já existe, aproveitando apenas os pontos mais fortes deste.

O projeto exigiu uma integração entre as várias unidades industriais do grupo, pois o sistema de informação MES será instalado em todas elas. Assim, a análise feita tem em conta a transversalidade necessária, dado que o sistema que no futuro será instalado na fábrica “De Sousa” será igual para todas as unidades industriais. Esta é mais uma razão para o novo sistema MES ser programado sobre o que já existe, dado que será necessária essa integração entre todos os sistemas do grupo.

1.2 O Projeto MES na “Amorim&Irmãos”

O Grupo Amorim foi fundado no ano de 1870 a partir do negócio da cortiça, a qual é ainda hoje a principal matéria-prima do grupo. Para além desta área de negócios, possui outras como a vitivinicultura, o enoturismo e os têxteis. É um grupo familiar que, ao longo dos anos, foi aumentando a sua área de atuação chegando a novos países e novos continentes. Esta expansão deve-se em grande parte à Corticeira Amorim, empresa do grupo, que se dedica à exploração da cortiça.

A Corticeira Amorim lidera o mercado global de produtos de cortiça, apresentando uma vasta gama de produtos provenientes desta matéria, desde os mais vulgares como as rolhas, até aos

mais distintos e improváveis, através da gama de aglomerados compósitos. Como tal, esta empresa está dividida em quatro áreas de negócio principais – Rolhas, Revestimentos, Isolamentos e Aglomerados Compósitos. Para além destas e como demonstração da verticalização e sinergias criadas à volta do negócio da cortiça, a Corticeira Amorim possui também uma unidade de negócios denominada “Matérias-primas”, através da qual potencia a extração da cortiça.

Através das cinco unidades de negócio referidas, a Corticeira Amorim marca presença em todos os continentes, em cerca de cem países. Possui trinta unidades industriais espalhadas pelo mundo, cerca de duzentos e quarenta e oito principais agentes e oitenta e três empresas. Para além disso, a aposta na investigação e desenvolvimento é constante, existindo departamentos responsáveis por estas atividades e um constante lançamento de novos projetos. Um bom exemplo é a Academia Amorim, que incentiva a inovação no sector da cortiça e até dos vinhos.

A unidade de negócios de Rolhas (“Amorim&Irmãos”) é a área de atuação mais antiga da empresa, sendo que todas as outras dependem desta, dado que a principal matéria-prima das unidades de Revestimentos, Isolamentos e Aglomerados são os desperdícios das rolhas. É a área pela qual a Corticeira Amorim é mais reconhecida, chegando a cerca de quinze mil clientes espalhados por oitenta e dois países.

A “Amorim&Irmãos” produz rolhas para diferentes tipos de bebidas tais como vinhos, champagne e bebidas espirituosas. Produz também para perfumes ou outros produtos de cuidado pessoal. Como tal, é de extrema importância referir que, dependendo da aplicação, o método de fabrico e as especificações das rolhas são distintos. Assim, são produzidos diferentes tipos de rolhas nas várias unidades industriais.

Em Portugal, a unidade de rolhas possui sete unidades industriais – “De Sousa”, “De Lamas”, “*Champcork*”, “*Top Series*”, “*Portocork*”, “Equipar” e “*Vasconcelos&Lincke*” – e duas unidades de distribuição – Amorim Distribuição e “Equipar” Distribuição.

Cada unidade industrial fabrica certo tipo de rolhas, tais como:

- Rolhas naturais – extraídas diretamente das pranchas de cortiça;
- Rolhas *Neutrocork®* e *Neutrotop®* – produzidas a partir da aglomeração do granulado resultante dos desperdícios, diferindo apenas no método de fabrico;
- Rolhas *Twin Top* – rolhas com um, dois ou três discos na base ou no topo;
- Rolhas para champagne;
- Rolhas para bebidas espirituosas;
- Rolhas especiais para perfumes ou outro tipo de produtos.

Os diferentes tipos de rolhas podem ser vistos na Figura 1.



Figura 1 - Tipos de rolhas produzidas pela empresa. in <http://www.amorimcork.com/natural-cork/cork-and-wine/>, consultado em 2016-05-15,15:32

Relativamente ao projeto em questão, este insere-se na unidade industrial “De Sousa”. Nesta unidade, fabricam-se rolhas *Neutrocork®* e *Neutrotop®*. Aproveitam-se os desperdícios das rolhas naturais (e outros) que, ao serem triturados, formam granulado. Este granulado, quando comprimido, resulta em novas rolhas. Desta forma, nesta unidade assiste-se ao processo de fabrico total da rolha, desde que a apara chega ao armazém de matéria-prima até que a rolha é embalada e colocada no armazém de produto acabado.

O projeto surge da necessidade da Corticeira Amorim implementar um novo ERP no seio da empresa, integrando todas as unidades de negócio. Para tal, a empresa necessita de gerar informação e recolher dados detalhados sobre tudo o que acontece desde o chão de fábrica até aos níveis superiores de gestão. Para facilitar a tarefa do novo ERP e evitar que este tenha de ir buscar a informação à fábrica, surge a necessidade de implementação de um sistema MES responsável por fornecer toda essa informação ao ERP, como se retrata na Figura 2. Desta forma, será implementado o MES em todas as unidades industriais antes da instalação do novo ERP, e o âmbito deste projeto é o levantamento de requisitos por operação produtiva para apoiar na projeção e futura implementação do MES.

Este projeto vem também potenciar um maior controlo de todas as atividades da fábrica, controlo este em tempo real. Vem também apoiar o planeamento da produção e tornar toda a unidade industrial mais interligada. A implementação do MES, que se seguirá a este projeto de levantamento de requisitos, irá permitir também informatizar e automatizar todos os processos.

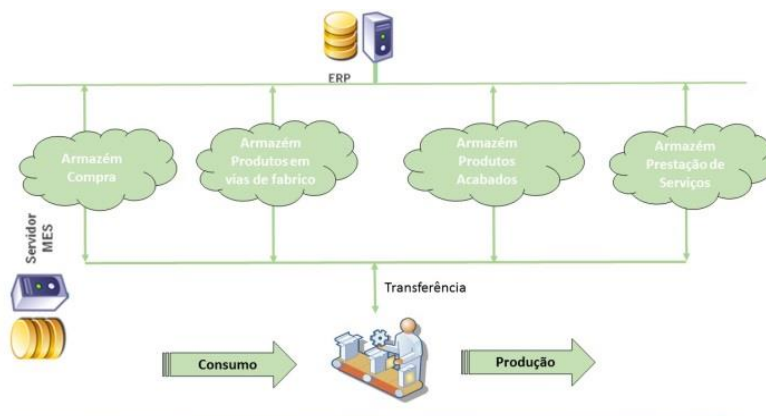


Figura 2 - Diferentes níveis de atuação entre ERP e MES

1.3 Objetivos do projeto

Este projeto está dividido em duas fases bem definidas e complementares. Na primeira, o objetivo é a identificação dos problemas associados a cada operação produtiva e que se espera que o MES venha resolver no futuro. Assim, será feita uma análise a toda a fábrica para reconhecer os problemas gerais de todas as operações. Depois, serão analisados os processos individualmente para identificar os problemas associados a cada um.

Na segunda fase do projeto será feito o levantamento de requisitos por operação, para auxiliar a futura implementação do sistema MES. Este levantamento tem como objetivo projetar o sistema MES, ou seja, servir de apoio à sua futura instalação. Nele será identificada a informação relevante que o MES irá obter do chão de fábrica, associada a cada uma das operações.

A segunda fase é composta também por visitas às outras unidades industriais do grupo, dado que o projeto MES é transversal a todas elas. Assim, as operações existentes na unidade industrial “De Sousa” e que também existam noutras fábricas têm de ser analisadas em conjunto, para que o levantamento de requisitos seja totalmente transversal e aplicável a qualquer unidade.

Apesar de serem denominadas por primeira e segunda fase, estas são realizadas em simultâneo tendo em conta que o levantamento de requisitos é um processo contínuo.

1.4 Método seguido no projeto

Durante o período da dissertação o método de trabalho seguido foi em função da fase do projeto. Para responder às necessidades da primeira fase – identificação dos problemas associados a cada operação produtiva – foram analisadas, no chão de fábrica, todas essas operações. Esta fase exigiu um contacto direto com todos os processos, máquinas e métodos de trabalho. Exigiu também uma comunicação constante com todo o pessoal envolvido nas operações, desde os operadores até à direção industrial, passando pelos responsáveis pelo planeamento de produção e laboratório. Através desta comunicação procurou-se identificar os problemas diretamente relacionados com os operadores, dos quais por vezes a direção não se apercebe. Esta fase serviu também para analisar oportunidades de melhoria em cada um dos processos.

Como resultado da primeira fase pretende-se reunir todas as necessidades e problemas identificados, quer a nível geral da fábrica, quer para cada uma das operações.

Para efetuar o levantamento de requisitos por operação foi constituída uma equipa. Essa equipa incluiu seis membros responsáveis por elaborar todo o trabalho, uma vez que este levantamento foi feito para todas as unidades industriais. Fez-se uma divisão de tarefas por operação produtiva e cada membro ficou responsável pelas operações existentes na unidade industrial à qual estava associado. Para auxiliar na validação do levantamento foram nomeados pivôs em cada uma das unidades industriais. O trabalho desses pivôs foi, sempre que necessário, apoiar na formulação dos requisitos relativos à sua unidade industrial. Esta dissertação abrange a parte deste trabalho que diz respeito à unidade industrial “De Sousa”.

Nesta fase foram realizadas várias reuniões com toda a equipa e alguns dos pivôs. Nas reuniões foram abordadas determinadas operações produtivas, numa tentativa de as uniformizar relativamente às metodologias utilizadas. Como resultado foram preparados pequenos relatórios onde se resumiu toda a informação.

O marco principal de todo o projeto foi a construção de um caderno de encargos, denominado “MES AI 2016 – Levantamento de Requisitos por Operação” onde foram incluídas todas as operações à medida que iam sendo tratadas e concluídas nas reuniões. Esse documento foi elaborado com o intuito de servir de apoio à implementação transversal do sistema MES em

todas as unidades. Assim, este levantamento reúne toda a informação que foi criada ao longo do projeto, para todas as operações de fábrica e para todas as unidades, incluindo ainda questões adicionais que foi necessário esclarecer e resolver desde o início do projeto. O documento em questão encontra-se no Anexo D, em separado desta dissertação.

1.5 Estrutura da dissertação

Depois deste capítulo introdutório, onde se fez uma breve apresentação do projeto e da empresa em que o mesmo se insere, será feita uma abordagem ao estado da arte dos sistemas MES. Nesse capítulo, o segundo desta dissertação, será clarificado o conceito de “Sistema de Execução da Produção”, atribuído pelas principais entidades e organizações associadas a este tema. Será abordada a história destes sistemas, assim como de outros tipos de *softwares* aplicados à indústria. Serão ainda analisadas ao pormenor as funcionalidades e funções que o MES pode oferecer, assim como as vantagens e desvantagens associadas à sua implementação. As principais limitações e a projeção do futuro destes sistemas são referidas no final do capítulo, abordando também os *legacy systems* e as principais aplicações e fornecedores. O capítulo termina com uma breve referência à aplicação destes sistemas em Portugal.

No terceiro capítulo faz-se uma abordagem ao problema. No início deste explica-se o porquê da necessidade de implementação de um sistema deste tipo. Nesta parte faz-se referência ao sistema MES já existente na unidade e às suas aplicações e limitações. Depois, descrevem-se e analisam-se os principais problemas comuns a toda a unidade industrial e a todas as operações que se pretende que o sistema MES consiga resolver. Seguidamente, é feita uma análise particular a cada operação da fábrica e descritos alguns dos problemas associados a cada uma. Nesta parte também se descrevem brevemente as operações, clarificando a informação. Neste capítulo é dada especial atenção aos sistemas informáticos já existentes na unidade industrial, à forma como se regista a informação necessária e à comunicação entre o pessoal da fábrica.

O quarto capítulo apresenta a parte principal do trabalho que foi desenvolvido durante o período da dissertação. O capítulo inicia-se com o esclarecimento e clarificação de alguns conceitos criados para serem utilizados pelo sistema MES que, no futuro, será implementado. Questões como a catalogação de produtos, os reprocessamentos ou o controlo de qualidade serão aqui abordadas. Posteriormente, será feito o levantamento de requisitos para cada operação da unidade industrial. Nesta fase é dada especial atenção aos balanços mássicos, ao controlo de qualidade, à monitorização dos processos e a toda a informação que o sistema MES precisará de contemplar quando for instalado. É também feita referência a infraestruturas que será necessário instalar no futuro, em cada operação.

No último capítulo desta dissertação apresentam-se as conclusões. Refere-se a importância da projeção inicial de um sistema MES e aborda-se a capacidade que estes sistemas possuem para resolver muitos dos problemas da fábrica. Para além disso, reforça-se os pontos mais importantes que nos capítulos anteriores foram analisados e faz-se uma projeção futura do trabalho realizado.

2 Estado da arte dos *Sistemas de Execução da Produção (MES)*

Na literatura existem inúmeras definições e conceitos para o termo “Sistema de Execução da Produção” ou “*Manufacturing Execution System*”. No momento da sua criação, o MES foi definido como um sistema de informação que residia no nível intermédio de *software* entre os sistemas de automação do chão de fábrica e os sistemas de gestão superior, como os ERP (Swanton, 1995).

Hoje em dia, o MES é visto como um sistema que faz a gestão de informação que envolve a otimização das atividades de produção desde o início de uma ordem de fabrico até ao produto final. Segundo a *Manufacturing Enterprise Solutions Association International* (MESA), este sistema inicia, guia, responde e reporta as atividades do chão de fábrica tal e qual como acontecem, tendo a capacidade de resposta rápida às alterações das condições destas, focando-se nos processos que mais geram valor (*Critical Manufacturing*, 2013a). Utiliza dados do chão de fábrica para controlar e comunicar a informação acerca do estado das ordens de fabrico, assim como das atividades e estações de trabalho. Permite também a monitorização do material ao longo da fábrica (*Apics Dictionary*, 2008).

O MES é então usado na documentação, controlo e gestão em tempo real de toda a atividade produtiva, incluindo máquinas, pessoal e serviços de suporte. Através das suas funcionalidades, faz o rastreamento e controlo dos recursos e liga o nível administrativo às atividades do chão de fábrica, estando interligado com outras aplicações usadas em atividades como compras, controlo de inventário, manutenção, agendamento e logística (*Business Dictionary*).

Desta forma, os sistemas MES fazem a ponte entre os sistemas de planeamento e os sistemas de controlo usando informação em tempo real para gerir a alocação dos recursos produtivos, como pessoas, equipamentos e inventário (McClellan, 2001). Promove a transferência de informação entre as camadas de negócios e de planeamento, e otimiza o processo de produção de toda a empresa através da integração de toda a informação (Zhang *et al*, 2004).

De seguida é feito um resumo da história destes sistemas, de como surgiram e da sua evolução ao longo dos tempos.

2.1 Breve história dos sistemas MES

O termo MES foi utilizado pela primeira vez no início dos anos 90, mais concretamente em 1992. Foi criado pela *AMR Research*, organização especializada na investigação e análise de tecnologias de suporte à indústria e hoje denominada de *Gartner Research*. Surgiu essencialmente da incapacidade que os sistemas de informação existentes revelavam em gerar informação em tempo real. Dadas as necessidades cada vez maiores relativamente ao controlo e gestão das operações de fábrica que as empresas apresentavam foi criado o MES para, através da produção de informação instantânea, responder às mesmas (*Critical Manufacturing*, 2013a).

Cerca de duas décadas antes do seu aparecimento, começaram a surgir os primeiros *softwares* aplicados à indústria. Nesta altura, as necessidades que este tipo de sistemas cobriam eram relacionadas apenas com contabilidade, dado que existia muita documentação e falta de organização nessa área.

O passo seguinte foi a extensão dos sistemas existentes para o controlo e gestão de inventário. No entanto, estes apresentavam muitas limitações relacionadas com o planeamento de produção, deixando espaço para o aparecimento de novos sistemas.

Nos finais dos anos 70 deu-se uma grande evolução nos sistemas de informação aplicados à indústria com o aparecimento dos “Manufacturing Resource Planning” ou “*Materials Requirements Planning*” (MRP), denominados como sistemas de planeamento das necessidades de materiais (Meyer, 2009). Estes sistemas apresentavam maior complexidade, tendo a capacidade de integração de um grande número de dados relacionados com três áreas principais: planeamento de materiais, controlo de materiais e planeamento/agendamento da produção.

Mais tarde, nos anos 80, devido às limitações que os MRP apresentavam em questões de previsão da procura e alinhamento da mesma com a produção, surgiram os MRP II. Estes completavam os MRP tradicionais pois incorporavam restrições de recursos e capacidade, nomeadamente finanças, produção e pessoas (Singleton, 2013). No final da década foram criadas as redes de servidores que permitiram centralizar e armazenar os dados com maior facilidade e menor esforço computacional, permitindo a estes sistemas de informação crescer a um ritmo mais acelerado.

No início dos anos 90 a empresa *Gartner Research* deu um grande passo no desenvolvimento deste tipo de sistemas. A empresa integrou os conceitos de MRP e MRP II já existentes com outras funcionalidades, tais como a gestão da cadeia de abastecimento, logística, processamento de encomendas e recursos humanos. Esta integração e acrescento de funcionalidades foram feitos com o intuito de criar um melhor e mais preciso planeamento e suporte ao cliente. O sistema resultante foi denominado “*Enterprise Resource Planning*” (ERP) ou “Sistema de Planeamento dos Recursos da Empresa” que é, hoje em dia, o sistema de informação mais completo na indústria (Singleton, 2013).

No entanto, a incapacidade dos ERP em gerar informação instantânea e em tempo real no controlo do chão de fábrica revelou-se uma grande limitação. Com o avanço da tecnologia e o aumento da competitividade nos mercados surgiu a necessidade de controlar todas as transações e processos de fábrica instantaneamente. Dessa forma, seria possível controlar a produtividade e a qualidade alinhando com os objetivos das empresas.

Foi nesta altura que surgiu o MES, um sistema que inicialmente fazia apenas um controlo básico de aspetos como o agendamento de operações de manutenção e o armazenamento de dados. Enquanto o ERP estaria mais relacionado com planeamento, o MES estava relacionado com a execução desse planeamento (Schmidt, 2011). Enquanto o ERP foi criado para planear, o MES foi criado para fabricar produtos, ligar e desligar máquinas, alterar prioridades das ordens de fabrico ou mover inventário entre estações de trabalho.

Os primeiros sistemas MES a surgir eram aplicações ‘*on-site*’ que implicavam elevados investimentos, sendo sistemas muito rígidos e limitados, construídos e codificados para representar os processos produtivos das fábricas, considerando que estes eram estáticos, sem qualquer flexibilidade para alterações. Estes sistemas exigiam pessoal qualificado, o que se traduzia num problema para os utilizadores. Os primeiros MES a serem comercializados eram definidos como subconjuntos de sistemas de *Manufacturing Operations Management* (MOM), que eram sistemas que controlavam o fluxo de produção da fábrica. Na altura, o MOM foi definido pela *International Society of Automation* (ISA), organização especializada na área, como um conjunto de atividades operacionais, e o MES como o subconjunto de

execução dessas atividades. No entanto, os dois conceitos foram-se misturando e hoje não existe uma distinção clara entre estes (Collier, 2012).

O passo seguinte foi o de construir sistemas MES ‘*off-site*’ e mais flexíveis, o que se traduziu na redução do investimento necessário para instalar sistemas deste tipo, diminuindo os custos com *hardware*. A partir desta altura o MES passou a oferecer módulos de funcionalidades, o que fez com que se tornasse mais flexível. Assim, cada empresa poderia adaptar o sistema MES apenas às necessidades e especificações que desejava ver satisfeitas, não necessitando de implementar todo o pacote de serviços. Outro dos pontos fortes do MES era o facto de poder ser usado por qualquer fábrica ou linha de produção, em qualquer local, desde que existisse ligação à internet.

De seguida são apresentadas todas as funcionalidades destes sistemas.

2.2 *Funcionalidades dos sistemas MES*

Os sistemas MES existentes hoje possuem várias funcionalidades que lhes permitem gerir as atividades e operações produtivas, executando o planeamento definido. A *MESA International* define essas onze funcionalidades, que são enumeradas de seguida (Hakansson, 1997a):

- **Alocação e estado dos recursos disponíveis:** faz a gestão de recursos tais como máquinas, ferramentas e até recursos humanos para fazer a alocação a tarefas e atividades, sabendo a todo o momento onde cada item se encontra, assim como o seu estado e disponibilidade;
- **Programação e agendamento das operações:** gere as atividades com base nas prioridades e características das mesmas de forma a reduzir tempos de preparação das tarefas, para além de otimizar o seu agendamento;
- **Distribuição de unidades de produção:** permite a gestão dos fluxos de produção sob a forma de tarefas, lotes, pedidos e ordens de produção. Oferece flexibilidade na alteração das sequências de produção em tempo real, tendo em conta eventos que possam ocorrer;
- **Controlo da documentação:** controla e fornece registos e documentação que acompanham a produção, tais como instruções de trabalho, receitas, métodos e procedimentos das operações. Estes registos ficam disponíveis para o operador em tempo real permitindo tomar ações corretivas;
- **Aquisição e armazenamento de dados:** obtém os dados considerados relevantes de parametrização da produção e faz o preenchimento de formulários através da conexão às máquinas e equipamentos;
- **Gestão da mão-de-obra:** faz o controlo do pessoal, dando informação sobre o estado destes e as tarefas alocadas a todo o instante, permitindo interagir com a funcionalidade de alocação de recursos para que esta optimize a distribuição de tarefas;
- **Gestão da qualidade:** realiza controlo de qualidade através da informação recolhida no chão de fábrica, em tempo real, permitindo que os lotes ou produtos fora das especificações fiquem de imediato derrogados, tomando ações corretivas;
- **Gestão dos processos:** controla os processos, atuando sobre as máquinas sempre que seja necessário corrigir aspetos não conformes. Controla as variáveis de máquina;
- **Gestão da manutenção:** permite cumprir o plano de manutenção, alertando para eventuais falhas no mesmo e fazendo com que as máquinas e equipamentos estejam

disponíveis quando são necessários. Pode guardar um histórico de avarias e gerar relatórios sobre estas;

- **Rastreamento da produção:** fornece informação em cada momento sobre onde se situa determinada ordem de produção para além de construir o fluxo da mesma pela fábrica e garantir a rastreabilidade. Assim, constrói um histórico associado ao produto final;
- **Análise da performance:** constrói relatórios com a periodicidade desejada e com informação relativa a máquinas, equipamentos, processos e sectores. Permite fazer comparações com o histórico de informação e tomar decisões.

Através destas funcionalidades, o sistema MES é capaz de controlar todo o processo produtivo. Para além disso, promove uma boa gestão da cadeia de abastecimento, das vendas e serviços, da engenharia do processo e produto e de todos os recursos de uma empresa. Toda esta informação esta resumida na Figura 3.

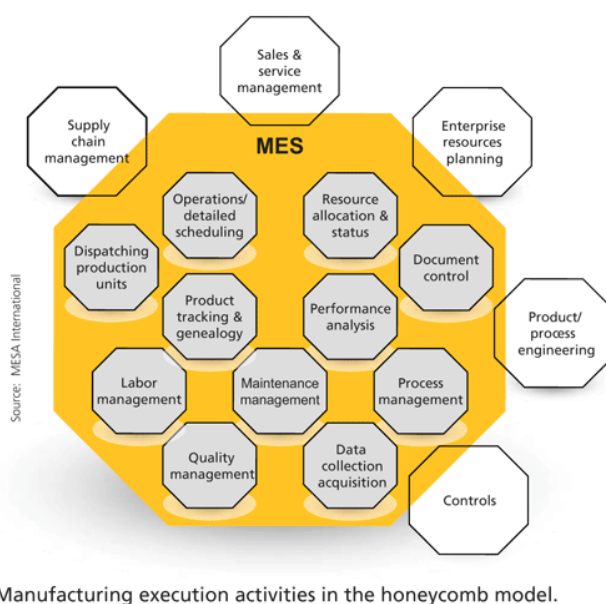


Figura 3 - Funcionalidades dos sistemas MES segundo a organização MESA International. in <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-publications/intech-magazine/2010/april/automation-it-implementing-mes-boosts-profits/>, consultado em 2016-05-15,15:32

Também a ISA define as funções que um sistema MES deve abranger. Estas são:

- Avaliação dos dados relevantes associados à produção, incluindo a determinação dos seus custos reais;
- Gestão e manutenção dos dados relacionados com a produção, inventário, matérias-primas, equipamento de substituição e energia. Gestão e manutenção de informação associada ao pessoal, tal como a qualificação destes e o calendário de férias;
- Estabelecimento e otimização do planeamento associado a cada estação de trabalho, incluindo planos de manutenção e tempos de transportação relevantes;
- Alocação de recursos a ordens de produção, tais como equipamentos e material de produção. Qualquer problema deve ser registado para que o sistema permita que sejam feitas alterações. Os dados são guardados e as ordens de produção são transmitidas aos recursos através do sistema, que são redistribuídos em caso de inconformidades.
- Monitorização dos processos através da rastreabilidade, acompanhamento e acionamento de alarmes sempre que necessário;

- Gestão da qualidade e manutenção.

Estas funcionalidades, tal como a ISA as define, deixam alguma margem para diferentes interpretações (Meyer, 2009). Através da combinação das funcionalidades e funções referidas pela MESA *International* e pela ISA é possível ficar com uma noção clara daquilo que se pretende de um sistema MES.

2.3 Vantagens e desvantagens dos sistemas MES

Entre 1993 e 1996, a MESA *International* elaborou o primeiro grande estudo sobre os benefícios que uma solução MES representa para uma empresa, em que são identificadas as principais vantagens destes sistemas (Hakansson, 1997b). Entre outros, a MESA refere a redução do tempo de ciclo dos produtos, a consequente redução do tempo desde que a matéria-prima entra no processo até que sai sob a forma de produto final (*lead time*), a redução no tempo de introdução de dados, a redução do “*work in progress*” (WIP), a eliminação de documentação desnecessária e o aumento da qualidade dos produtos. Para além destes, outras vantagens são a possibilidade da tomada de ações corretivas, a garantia da rastreabilidade da produção, o controlo em tempo real do chão de fábrica e o alinhamento do planeamento com a execução das tarefas. Tudo isto permite às empresas reduzir os seus custos, aumentar a eficiência, promover a visibilidade sobre a cadeia de abastecimento, assim como aumentar a satisfação do cliente.

Quanto a desvantagens, destacam-se desde logo o grande investimento necessário e a dificuldade de implementação, dado que é um processo que exige muito tempo e implica alterações na fábrica, nos métodos e nos hábitos de trabalho para que o sistema se adapte aos processos (e vice-versa). Outra grande desvantagem reside no facto de, como qualquer *software*, o MES estar sujeito a falhas por razões técnicas ou de erros de implementação. Pode comprometer e perder toda a informação necessária, tendo consequências desastrosas em termos de custos para um empresa. (Clausson, 2003).

Desta forma, antes da implementação de um sistema MES deverá ser feito um estudo intensivo e atempado que faça um balanço entre os benefícios e os custos associados.

2.4 Fronteira e integração entre sistemas MES e ERP

Os sistemas ERP já foram abordados quando foi feito um breve resumo da história do MES. Quando se fala de um sistema MES é inevitável fazer referência aos ERP. Um ERP é definido como um sistema que auxilia as organizações na gestão da área financeira, da cadeia de abastecimento, das operações, dos processos produtivos, da documentação e dos recursos humanos (Microsoft, 2016). Estes sistemas integram as áreas de contabilidade, finanças, compras, logística, armazém, marketing e relacionamento com o cliente. Para além destas, pode abranger também a área produtiva. Como já foi referido, é nesta área que os ERP se mostram menos capazes, apresentando várias limitações. Estes sistemas falham no foco e na escala exigida para suportar as múltiplas e rápidas transações de uma unidade industrial automatizada (*Critical Manufacturing*, 2013b).

Em primeiro lugar importa fazer a distinção entre os sistemas MES e ERP. Resumidamente, estes sistemas atuam em níveis diferentes de hierarquia funcional. Estes níveis foram inicialmente definidos pela ISA-95 (Brandl, 2008). O nível 0 é constituído pelos processos produtivos em si. O nível 1 (“Sistemas Inteligentes”) define as atividades de manipulação desses processos, enquanto o nível 2 (“Sistemas de controlo”) englobam as atividades de monitorização e controlo dos mesmos. O nível 3 (“Gestão das Operações de Produção”) envolve as atividades do fluxo de produção dos produtos finais. Por fim, o nível 4 (“Planeamento dos negócios e logística”) é constituído pelas atividades de negócio relacionadas com a gestão das operações de produção.

A partir desta separação das atividades é possível demonstrar a diferença entre um ERP e o MES. O MES atua no nível 3 e o ERP no nível 4 da hierarquia, como pode ser visto na figura 4. Já os níveis inferiores são da responsabilidade das máquinas, autômatos e PLC's.

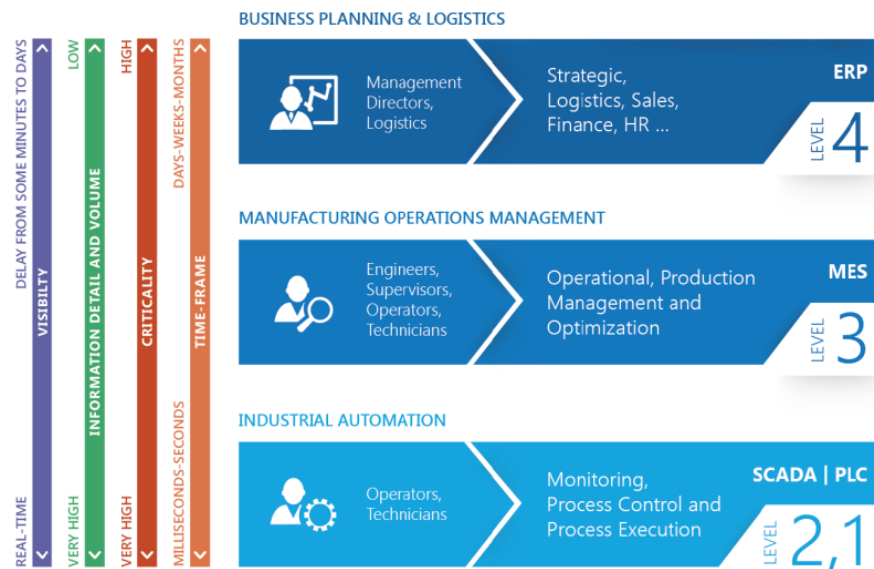


Figura 4 - Níveis de hierarquia funcional. in <http://www.criticalmanufacturing.com/pt/cmnavigo-mes/mes>, consultado em 2016-05-09,14:51

Enquanto os ERP controlam os processos administrativos logísticos e os processos de negócio num nível superior de gestão da empresa, os sistemas MES estão ligados à linha de produção sendo utilizados para melhorar continuamente e registar a informação e os parâmetros técnicos dos processos produtivos (Tröger, 2016). O ERP atua ao nível da empresa, funcionando com informação numa base temporal de meses, semanas ou dias, enquanto o MES atua ao nível da fábrica, trabalhando em tempo real. Concluindo, o MES incide sobre o detalhe e o ERP alimenta-se com a informação que o MES lhe fornece.

A questão a colocar é se todo o ERP necessita de um sistema MES associado. A resposta não é óbvia e depende de vários critérios e de empresa para empresa. Certas fábricas podem ser grandes e complexas o suficiente para exigir uma solução MES associada ao ERP, enquanto outras conseguem viver com as restrições impostas por um sistema ERP centralizado (Brandl, 2011).

No entanto, existem outros critérios e fatores que determinam a necessidade de um sistema MES associado a um ERP. Em primeiro lugar, as funcionalidades exigidas ao sistema. Existem as funcionalidades básicas que ambos os sistemas conseguem satisfazer e que para muitas empresas são suficientes, tais como a rastreabilidade de materiais de produção entre estações de trabalho ou a criação de documentação associada à produção. No entanto, quando se pretende obter informação mais detalhada, como análises instantâneas e em tempo real de processos produtivos ou planos de produção mais aprofundados, que considerem todas as restrições de fábrica, o ERP poderá não ser suficiente.

A dimensão da empresa ou da fábrica e o alcance que se pretende que o ERP atinja é outro dos critérios. Caso a empresa possua apenas algumas unidades industriais, pouco complexas, um ERP pode ser capaz de obter a informação detalhada necessária para fazer o controlo do chão de fábrica. Pelo contrário, se a empresa for composta por várias fábricas, com processos produtivos muito variados e complexos, um sistema MES será a melhor opção. Para além disso, quanto maior se pretenda que seja o alcance do sistema, maior é o número de transações e a quantidade de informação gerada por unidade temporal, tornando-se mais vantajoso implementar uma solução MES local.

Outra questão é a disponibilidade e fiabilidade que o sistema oferece, que depende da forma como estes são implementados. Geralmente, os sistemas MES são instalados localmente, garantindo disponibilidade. Já os ERP são instalados remotamente, podendo ser utilizados em diferentes países ou continentes. Este tipo de instalação está sujeita a erros e interrupções devido a problemas com a rede ou com os servidores, causando falhas de disponibilidade. A capacidade para gerir situações como estas é mais um critério de escolha entre um ERP e um sistema MES. O MES deverá ser escolhido quando não se pretende que determinada fábrica opere mais de oito horas utilizando processos e documentação manual, ou seja, com o acesso ao sistema interrompido (Brandl, 2011).

A conclusão a tirar é que um ERP não necessita obrigatoriamente de um MES mas torna-se um sistema muito mais completo com ele. Em organizações de grande dimensão e complexidade, que possuam várias fábricas e centros de produção torna-se praticamente indispensável a instalação de uma solução MES.

2.5 Legacy Systems e principais fornecedores e aplicações

Os *legacy systems* existentes atualmente são os primeiros sistemas MES implementados. São sistemas rígidos, pouco flexíveis e que suportam poucas ou nenhuma alteração e correm sobre *softwares* que já não são desenvolvidos. Estes sistemas ainda persistem em algumas empresas devido ao grande investimento feito para os implementar e à dificuldade em ajustá-los a novos *softwares* (Critical Manufacturing, 2013a).

Também alguns dos MRPII existentes hoje são vistos como *legacy systems* devido ao facto de não terem sido completamente implementados. Estes sistemas são competentes no planeamento e gestão dos recursos materiais mas são muito limitados no controlo do chão de fábrica e das operações. (Hakansson, 1997a).

Desde que foram criados, os sistemas MES têm sido aplicados em várias indústrias, das quais se destacam a indústria aeroespacial, automóvel, farmacêutica, semicondutores e petroquímica. Estes sistemas podem ser aplicados em toda a indústria que exija um controlo rigoroso da produção.

Existem vários fornecedores de aplicações MES, dos quais se destacam a SAP, Oracle, Siemens e a Sage.

2.6 Principais limitações e dificuldades dos sistemas MES

Apenas com cerca de três décadas de existência os sistemas MES apresentam alguns problemas e dificuldades. Existem duas grandes deficiências que estes sistemas ainda não conseguiram derrubar.

Em primeiro lugar está o problema da integração com outros *softwares* já existentes nas empresas onde são instalados. Existem vários níveis de automação nas diferentes máquinas, fornecedores diferentes em cada uma, *software* mais antigo e mais recente, o que põe em causa a compatibilidade entre o MES e todos estes sistemas, requerendo muita versatilidade. Estas diferenças nos *softwares* traduzem-se em métodos diferentes quer na estrutura de dados quer no armazenamento dos mesmos, assim como em muitos outros aspetos que MES necessita de contemplar.

O outro grande problema é a flexibilidade exigida por cada fábrica. Os sistemas MES ainda são relativamente rígidos, revelando inúmeras dificuldades na adaptação a um ambiente fabril específico (Elliot, 2013). Estes sistemas podem ser aplicados a qualquer indústria e a qualquer fábrica, mas dependendo do nível de flexibilidade requerido, tanto o processo de implementação como o esforço exigido poderão ser bastante diferentes. Assim, o tempo de

integração e de adaptação da fábrica ao MES, e vice-versa, poderá ser um processo muito longo e moroso.

Estas limitações, aliadas ao grande investimento necessário para implementar um sistema deste género, podem ditar a escolha por um sistema MES. Importa referir que o período de *payback* ou seja, o período de tempo que decorre entre o momento em que se faz o investimento e o momento em que os lucros líquidos acumulados igualam esse investimento, é em média de 14 meses (Hakansson, B.,1997).

As dificuldades referidas abrem caminho para novos desenvolvimentos. Nos últimos anos têm sido feitos vários esforços para tornar estes sistemas mais práticos, flexíveis e menos dispendiosos para os utilizadores.

2.7 MES no presente e no futuro e Indústria 4.0

A um nível mais macro a criação de sistemas móveis, que já se encontra em desenvolvimento, é uma das principais metas que se espera que o MES atinja brevemente. O conceito de ‘*Mobile MES*’ implica que todos os trabalhadores possuam um sistema móvel tal como um *tablet* ou um dispositivo similar, para servir de interface e meio de comunicação com o chão de fábrica. Estes dispositivos possuem as mesmas funcionalidades que os computadores ou as consolas das máquinas. Dessa forma, é facilitado o controlo em tempo real da fábrica. Por exemplo, é possível ao utilizador controlar variáveis de máquinas, saber qual o *stock* em determinada estação de trabalho e até enviar ordens de produção para determinado sector, enquanto se desloca pela fábrica. Exemplos destes sistemas são apresentados nas Figuras 5 e 6.



Figura 5 - Controlo da fábrica através de dispositivos móveis (I). in www.mpdv.com/en/products-and-solutions/mobile-solutions-for-hydra, consultado em 2016-05-09,15:17



Figura 6 - Controlo das máquinas através de dispositivos móveis (II). in www.paperlessllc.com/production-intelligence-and-management-blog/manufacturing-execution-system-mes-mobile-applications, consultado em 2016-05-09,15:22

A par dos sistemas móveis, um grande esforço a ser feito por especialistas em MES é a migração destes sistemas para uma nuvem de informação, denominada ‘cloud’. Os sistemas baseados em *cloud* são definidos como aplicações *web* armazenadas em servidores remotos e acedidas através de *browsers standard* (Lenart, 2011). A informação proveniente destes sistemas é transferida para uma nuvem que pode ser acedida por qualquer pessoa e em qualquer lugar não sendo necessária a instalação de aplicações ou *software* específico para efetuar o acesso, como retrata a Figura 7. O armazenamento remoto e a virtualização da informação são fatores motivacionais para as aplicações em nuvem, dado que promovem a criação de valor, melhoram a flexibilidade e reduzem os custos de uma empresa (Franzosa *et al*, 2015).

Os sistemas MES baseados na nuvem apresentam inúmeros benefícios, dos quais se destacam a disponibilidade, ou seja, a capacidade de poder ter o sistema sempre a funcionar sem falhas dado que estes possuem mecanismos de *backup* online. Para além disso, existe maior segurança da informação e menos custos associados ao investimento em infraestruturas internas à empresa (Rodrigues, 2015).

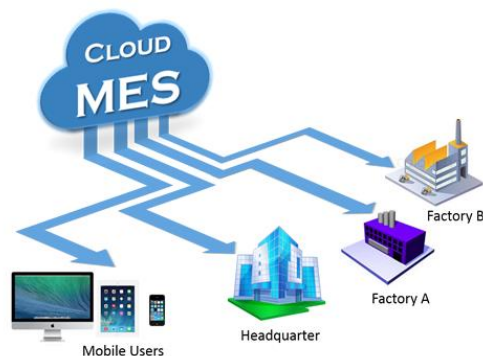


Figura 7 - Sistemas MES baseados em cloud. in <http://www.cloudmes.net/>, consultado em 2016-05-09,15:25

A um nível micro, no presente trabalha-se no sentido de aumentar o leque de funcionalidades dos sistemas MES, tornando-os mais modulares, flexíveis e de simples utilização, permitindo que cada utilizador o configure e adapte às suas necessidades. Este aspeto está em constante desenvolvimento paralelamente aos que são referidos de seguida.

Associado ao aumento do leque de funcionalidades, um dos desenvolvimentos em marcha diz respeito à inteligência e autonomia destes sistemas. Cada vez mais o conhecimento reside no próprio MES, eliminando a necessidade de existir pessoal especializado dentro da empresa para lidar com o sistema. Este aspeto está relacionado com os conceitos de descentralização e de ‘*smart product*’. Progressivamente, o MES tem atuado como um sistema descentralizado, através de agentes/objetos que representam as entidades do chão de fábrica (máquinas, sistemas de controlo, produtos, etc). Estas peças sabem a todo o momento o seu estado, o seu histórico, o plano de manutenção associado e muitos outros aspetos relacionados (Almada-Lobo, 2015b). O objetivo é que a inteligência passe a residir gradualmente no próprio sistema.

Relacionado com essa inteligência, um dos aspetos em crescimento nestes sistemas é a sua intuição e capacidade para tomar medidas preventivas e corretivas baseadas no estado momentâneo de cada atividade. Para além disso, o MES oferece cada vez mais módulos de análise crítica para deteção de irregularidades na produção.

Todos os aspetos referidos estão relacionados com o conceito de ‘Indústria 4.0’, que se define como uma fase de grande desenvolvimento na organização e gestão dos processos produtivos da cadeia de valor das indústrias (Schlaepfer *et al*, 2014). Esta revolução industrial criou a necessidade de uma geração totalmente nova de sistemas MES para responder aos desafios que têm surgido (Almada-Lobo, 2015b).

O conceito de Indústria 4.0 está fortemente relacionado com a digitalização dos processos, poder computacional e com novas formas de interação entre as máquinas e as pessoas, como pode ser visto na Figura 8.

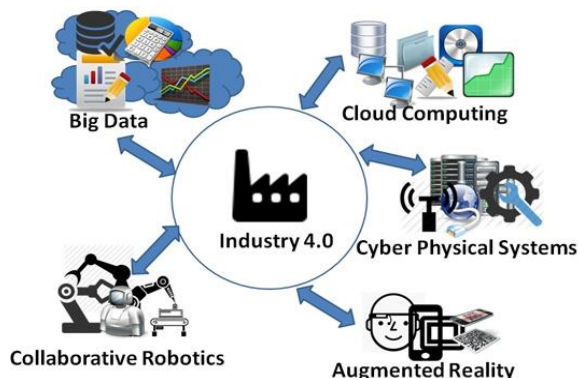


Figura 8 - Conceitos associados à indústria 4.0. in www.infoplc.net/blogs-automatizacion/item/103097-industria-4-0-aspectos-tener-cuenta, consultado em 2016-05-09,15:25

2.8 Sistemas MES em Portugal

Como foi visto ao longo deste capítulo, os sistemas MES podem trazer muitas vantagens e benefícios para qualquer empresa, sobretudo para aquelas mais complexas e com grande necessidade de gerar e tratar a informação útil. No entanto, em Portugal, a quantidade de empresas que utilizam um sistema deste tipo ainda é muito reduzida, comparada com os países mais desenvolvidos e industrializados. De acordo com os dados mais recentes disponibilizados pela *MESA International*, cerca de 40% das empresas dos países industrialmente mais desenvolvidos utilizam aplicações MES, enquanto em Portugal essa taxa é de apenas 5% (Almada-Lobo, 2015a).

Uma das principais razões para a baixa taxa de utilização de sistemas MES em Portugal está relacionada com a qualificação dos trabalhadores e operadores do setor industrial. Estes sistemas exigem um certo grau de qualificação para interação com as consolas e infraestruturas associadas, não permitindo às empresas, em alguns casos, instalar estes sistemas.

Outras das razões está no facto de estes sistemas representarem ativos intangíveis e de, na maior parte das vezes, as empresas preferirem investir em ativos tangíveis. Adicionalmente, as empresas dão também preferência a sistemas como os ERP, sendo que existem muito poucos fornecedores de sistemas MES em Portugal. (Almada-Lobo, 2015a).

A análise ao estado da arte dos Sistemas de Execução da Produção assim como aos aspetos com eles relacionados termina por aqui. No próximo capítulo inicia-se a identificação dos problemas atuais associados à unidade industrial “De Sousa”.

3 Substituição do ERP atual e principais problemas associados ao chão de fábrica

Nos capítulos anteriores foram definidos os objetivos desta dissertação. Foi também feita uma análise histórica e à atualidade dos sistemas de informação MES. Importa agora realçar o porquê de implementar um sistema deste tipo nas várias unidades industriais. Essa decisão abrange um leque de dificuldades e necessidades existentes na unidade industrial, associados ao quotidiano da fábrica e das operações.

Apesar de já terem existido algumas tentativas, apenas agora se optou, de vez, pela implementação do MES em todas as operações. O *timing* da decisão está relacionado com a substituição do ERP que existe atualmente. Este é antigo, pouco funcional e não tem capacidade para atingir o chão de fábrica. O novo, que será implementado no futuro, terá o MES como suporte para obter informação da fábrica. Ou seja, aproveitou-se a necessidade de substituir o ERP existente para promover o controlo total do chão de fábrica através de uma aplicação MES. Desta forma será possível melhorar em duas vertentes. Em primeiro lugar, com um ERP de melhor qualidade (que não será objeto de estudo desta dissertação). Em segundo lugar, com um sistema MES associado a esse ERP.

A implementação deste tipo de soluções implica um grande investimento e é uma decisão que cabe aos níveis de gestão de topo. Considerou-se que seria o momento ideal para iniciar este projeto, que será transversal a todas as unidades do grupo. Cada vez mais é indispensável obter informação útil do chão de fábrica e eliminar aquela que não acrescenta valor. Essa informação é crucial para garantir a eficiência e a otimização dos processos produtivos. Idealmente, todas as tarefas e operações que existem na fábrica deveriam acrescentar valor ao produto. Para além de obter a informação, é necessário trabalhá-la para que se tirem conclusões acerca da performance das operações. O que acontece atualmente é que uma parte dessa informação já é gerada. No entanto, e como será visto neste capítulo, esta não é absorvida nem trabalhada por nenhum sistema informático.

Atualmente, também se procura gradualmente diminuir o número de tarefas que consomem mais tempo ao operador e que grande parte das vezes não acrescentam valor ao produto. Não existindo nenhum sistema informático de suporte às operações fabris, isso não é possível.

De um modo geral, o que se espera do sistema MES é a obtenção de informação acerca de consumos, produções, inventários por operação e armazém, qualidade de produto e qualidade de processo. Tudo isto de forma automática, dinâmica e em tempo real. O sistema deve ser capaz de disponibilizar informação para apoio à tomada de decisão.

Para ser possível ao sistema controlar todas estas questões é necessário fazer o levantamento da informação necessária. Antes disso, é fundamental que se identifiquem os principais problemas existentes na unidade industrial, tanto gerais como particulares de cada operação. Essa identificação é feita nos próximos subcapítulos.

3.1 Unidade industrial “De Sousa” - sequência de operações

Tal como já foi referido no primeiro capítulo da dissertação, a unidade industrial “De Sousa” produz rolhas técnicas, denominadas por ‘aglomeradas’, pois resultam de um processo de aglomeração do granulado. Esse granulado provém dos vários tipos de desperdícios de cortiça que existem. Desta forma, nesta unidade industrial trabalha-se não só o granulado em si, como depois os corpos. Esses corpos são devidamente acabados e tratados, resultando no produto final, as rolhas.

Para obter o produto final, a matéria-prima passa por uma série de processos de fabrico, feitos de forma praticamente sequencial. No entanto, esta fábrica possui a particularidade de ter dois processos diferentes para a fase de transformação do granulado em corpo, ou seja, para a fase da aglomeração propriamente dita. Assim, o granulado ou passa pelo processo de moldação ou entra no processo de extrusão, nunca nos dois. Estes dois processos têm o mesmo propósito, embora possuam características diferentes.

Assim sendo, existem duas sequências possíveis de produção. Na primeira, o processo inicial é a trituração, seguida do sistema de tratamento do granulado (ROSA®), secagem do granulado, moldação, acabamentos mecânicos, lavação, secagem de rolhas, escolha eletrónica ou manual e, por fim, embalagem. A rolha produzida desta forma denomina-se *Neutrocork®*.

A outra sequência é semelhante, sendo que também se inicia com a trituração, seguindo depois para o sistema de tratamento do granulado (ROSA®), secagem do granulado, extrusão, corte, pesagem e embalagem. A rolha produzida através desta sequência denomina-se *Neutrotop®*.

Antes da trituração existe todo um processo de compra de matéria-prima e receção da mesma no armazém da fábrica. Para além disso, depois do processo final, a embalagem, existe a expedição do produto final.

Existe uma questão que importa deixar clara antes de serem abordadas todas as operações. Quando o aglomerado sai do processo de moldação, o produto resultante denomina-se por corpo. Apenas dá lugar a uma rolha (*Neutrocork®*) quando o corpo é acabado, ou seja, sai dos acabamentos mecânicos. Já no caso do granulado que passa no processo de extrusão, o produto final denomina-se rolha (*Neutrotop®*) pois já sai totalmente acabado.

Ao longo das várias operações existem fases de estabilização, tanto do granulado como dos corpos ou rolhas. A estabilização serve para os produtos ganharem as propriedades físicas desejáveis, tanto ao nível da forma como de características, tais como humidade e massa volúmica. Existe estabilização do granulado depois do sistema da secagem do mesmo. Depois da moldação existe também um período de estabilização dos corpos. Já no caso das rolhas produzidas por extrusão, estas estabilizam antes da pesagem.

Para aferir e aprovar as características e as variáveis do produto ao longo das várias operações existem os denominados controlo de processo e controlo laboratorial. O controlo de processo é feito pelo operador no local da operação. Já o controlo laboratorial é realizado em laboratório, sendo que o produto pode ou não ser rejeitado em função das condições das variáveis analisadas. Em todas as operações são feitos estes controlos.

Um esquema simplificado com a sequência de operações é apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 do anexo A.

3.2 O MES existente atualmente na unidade industrial “De Sousa”

Como já foi referido na apresentação desta dissertação, já existe um sistema MES existente na unidade industrial “De Sousa”, resultado do projeto “MES – Fase I”. No entanto, tendo em conta algumas adversidades e dificuldades ocorridas, a implementação ficou-se apenas por

algumas das operações existentes, mais concretamente o sistema de tratamento de granulado (ROSA®), a estabilização do granulado e a moldação.

Depois da sua implementação iniciou-se uma nova fase do projeto, com o intuito de o estender a todas as operações. Desta vez, o projeto não passou do papel e foi descartado. Tendo em conta que estes projetos envolvem um grande investimento e muitas alterações nas unidades industriais é necessário analisar bem o *timing* da sua implementação.

O novo sistema MES que começa agora a ser projetado será programado sobre aquele que já existe tendo em conta a transversalidade com todas as unidades industriais da empresa. Ou seja, para que todas as operações sejam uniformemente analisadas será feito o mesmo estudo para todas. Nas operações em que já existe MES será projetado um sistema totalmente novo mas tendo em conta o aproveitamento dos pontos fortes daquele que já existe.

3.3 Problemas comuns a todas as operações

A partir daqui será feita uma análise aos problemas que são comuns a todas as operações. De seguida, será feito o mesmo tipo de análise mas de forma individual e particular a cada operação.

3.3.1 Os sistemas de informação existentes na unidade industrial

A unidade industrial “De Sousa” trabalha atualmente com cinco sistemas de informação. O elevado número de sistemas é motivo de muitas complicações pois, diariamente, é necessário integrar e comparar a informação gerada por cada um. Os sistemas existentes são o ERP, um sistema de planeamento de produção, dois sistemas de análise e controlo laboratorial e o MES (nas operações em que está implementado).

O ERP existente abrange as funções principais que os ERP tradicionais e mais antigos alcançam. Estas funções estão mais relacionadas com os níveis superiores de gestão. Atua essencialmente ao nível da contabilidade geral, da faturação, do controlo das encomendas, das vendas e dos custos. As suas funções são quase exclusivamente ao nível financeiro e de negócio, servindo de apoio à equipa de controlo de gestão. A nível do controlo do chão de fábrica e das operações, este ERP não possui qualquer capacidade. Daí a necessidade de existirem tantos outros sistemas na unidade. Na prática, relacionado com a fábrica, o ERP atual apenas serve para o responsável pelo planeamento verificar as encomendas que existem. A partir desse ponto planeia toda a produção. A utilidade do ERP não passa daqui. Não existe qualquer ligação às operações, às máquinas ou ao laboratório.

Em função das encomendas registadas no ERP e da capacidade produtiva é feito o planeamento. Esse planeamento é registado noutro sistema informático, inserindo a informação sobre os lotes e o produto, assim como as quantidades a consumir e a produzir em cada operação. Esta é a primeira etapa da transmissão e cruzamento de informação entre sistemas informáticos. À medida que o produto vai passando pelas operações e vão sendo feitos os controlos de processo e laboratoriais, utilizam-se mais dois sistemas de informação. O laboratório utiliza exclusivamente um deles, para guardar as análises feitas à matéria-prima e ao produto intermédio/final. O controlo de processo pode utilizar qualquer um, dependendo das operações. O laboratório fica responsável por cruzar a informação proveniente dos dois sistemas e atribuir um estado de aprovação a determinado lote. A informação é depois passada para o responsável do planeamento através de documentos “*Excel*”. Existem tantos sistemas instalados e nenhum é capaz de transmitir esta informação, aumentando a complexidade dos processos.

Por último, o quinto sistema de informação é o MES atual. O sistema é capaz de fornecer informação, em tempo real, das quantidades produzidas por máquina e por operação. Para

além disso, faz o balanceamento de quantidades de matéria-prima utilizadas, gera informação sobre variáveis das máquinas (temperatura, caudais, etc.) e aciona alarmes sempre que existam inconformidades, bloqueando as operações. Possui também ligação ao sistema de informação utilizado pelo laboratório para que os registos possam ser acedidos a qualquer momento. Uma vez que este sistema apenas foi instalado para algumas operações, a sua capacidade de gerar informação e rastrear todo o percurso da matéria-prima e do produto intermédio é muito limitada.

Como pode ser visto, existem demasiados sistemas de informação e imensas lacunas quanto ao tratamento, armazenamento e transmissão de informação. Estas lacunas ficarão mais bem patentes com o avançar deste capítulo. Este é um dos principais problemas, que envolve muita complexidade no tratamento e seleção da informação mais útil, consumindo muito tempo a todos os envolvidos sem acrescentar valor ao produto.

3.3.2 Identificação dos contentores e registos manuais

Uma das principais dificuldades associadas a todas as operações prende-se com a identificação dos cestos (também denominados contentores) que servem de meio de transporte para as rolhas. Todos os cestos estão identificados com uma placa que dá informação relativa à rastreabilidade dos mesmos, tal como o calibre das rolhas, as máquinas por onde passaram, em que dia e turno e até a identificação do operador responsável em cada fase. Essa identificação é sempre feita manualmente.

Os operadores são também responsáveis por fazer o registo das quantidades produzidas no seu turno, anotar as medições relativas ao controlo de processo e ainda apontar as quantidades de materiais necessários e gastos em determinada fase das operações. Mais uma vez, estes registos são feitos manualmente. Esta informação é apenas guardada no final do turno, pelo encarregado responsável ou pelo responsável da contabilidade. O armazenamento dessa informação serve apenas para controlo contabilístico.

Outro caso semelhante aos anteriores acontece na recolha de amostras associadas a um lote. Essa tarefa implica identificar o saco que contém a amostra. A identificação é feita manualmente, colocando um papel dentro do saco com a informação do lote.

Todos estes registos, sendo manuais, comprometem a qualidade da informação levando em consideração a forte possibilidade de ocorrência de erros. Por um lado, o próprio operador pode enganar-se a preencher os dados. Por outro, muitas vezes a informação fica pouco perceptível para quem lê, podendo ser mal interpretada. Em alguns casos nem sequer existem formulários pré-definidos para o preenchimento da informação, fazendo com que cada operador forneça a mesma informação de maneira diferente. As falhas e erros nos registos podem ter graves consequências. Por exemplo, caso o laboratório não interprete corretamente a informação relativa a uma amostra identificada pelo operador, poderá estar a aprovar um lote que não corresponde a essa amostra. Dessa forma, esse lote pode seguir para a operação seguinte e ser trabalhado sem que esteja, na verdade, aprovado.

Para além da suscetibilidade de ocorrência de erros comprometedores do sucesso das operações e do negócio, estas tarefas consomem muito tempo aos operadores, sem acrescentar valor ao produto. No entanto, atualmente é impossível que estas identificações sejam realizadas de outra forma dado que não são feitas em nenhum sistema informático. Na Figura 9 é apresentado um exemplo desses registos, onde fica bem patente as dificuldades de interpretação dos mesmos.



ANIMAP
S.A. De Invenção

REGISTO DE EMBALAGEM

Data: 21/5/16

Turno: 2

Máquina		Artigo		Calibre	Lavagem	Lote Produção	Classe	Nº Encomenda	Nº Peças	Quantidade	Observações	
1	2	NT	NTOP	SO	RELUX	SA	CV	CL				
X	X					44x24	X	8-23-5-16	4PS	227564-7	925.000	
X	X					44x24	X	8-24-5-16			1085.000	
X	X					44x24	X	7-24-5-16	227520-25		705.000	
X	X					44x24	X				285.000	
X	X					44x25	X	4-23-5-16	STOK		770.000	
X	X					38x24	X	19-24-5-16	24-5-16	7-11-16	30.000	
X	X					38x24	X	8-24-5-16	21-5-16		177.000	
X	X					44x24	X	2-24-5-16	acc	227445-1	360.000	
X	X					44x24	X	8-24-5-16	PT K	226417-1	730.000	
X	X					38x24	X	5-24-5-16	227520-25		420.000	
X	X					38x24	X	4-24-5-16			535.000	

Figura 9 - Exemplo de registo manual na operação de Embalagem.

3.3.3 Visão geral da fábrica e planeamento de produção

Outra das adversidades que todo o pessoal ligado à fábrica enfrenta (principalmente o responsável pelo planeamento de produção) é o conhecimento sobre o que foi e está a ser produzido em cada operação num determinado momento. Para planear uma etapa de produção é necessário saber o que existe em *stock*, assim como a disponibilidade das máquinas e dos operadores. Atualmente, para verificar a produção do dia ou dias anteriores, o que se faz é consultar as folhas dos registos contabilísticos. No entanto, muitas das vezes esses registos podem apresentar um atraso até cerca de três dias. Desta forma não é possível ter uma visão geral da produção e das quantidades existentes em cada operação.

Em alternativa à consulta dos registos contabilísticos o responsável pelo planeamento tem de se dirigir constantemente à fábrica para verificar aquilo que está a ser produzido em cada setor. Em cada operação constam as folhas de registos de produção assim como quadros que ilustram os lotes que estão a ser produzidos. Estes quadros fornecem informação como o calibre, o lote e a classe, como é retratado na Figura 10. Por exemplo, nos acabamentos mecânicos existe um quadro, preenchido pelo operador, onde se ilustra qual o lote que está alocado a cada uma das máquinas, num certo momento. Não existindo um sistema que forneça informação em tempo real, apenas assim é possível ter a noção exata e geral das quantidades existentes por operação.

ESTABILIZAÇÃO	Linha	CALIBRE	LOTE	Classe
48 H00	1	44x24	M125.05.16	NT
44,40 x 24,20	2	44x24	M630.05.16	NT
	3	44x24	M6.30.05.16	NT
	4	44x24	M830.05.16	NT
	5	44x24	M7.30.05.16	NT
	6	44x24	M3.30.05.16	NT

Figura 10 - Forma de dar informação sobre os lotes em produção na operação de Acabamentos Mecânicos.

O responsável pelo planeamento necessita também de se reunir e comunicar frequentemente com os encarregados por cada secção da fábrica para apurar a ocorrência de anormalidades,

como avarias ou paragens, e saber a disponibilidade das máquinas. Isto porque, no escritório, a informação não está ao seu alcance pois não existem sistemas informáticos que o permitam.

Também a comunicação entre o pessoal da fábrica é dificultada. A transmissão de informação entre operadores é feita utilizando quadros onde se coloca a informação que se quer passar. Por exemplo, na lavação existe um quadro em que o responsável pela secção coloca as placas com o tipo de lavação que pretende que seja feita naquele turno. O operador, ao início do turno tem de verificar o quadro para saber aquilo que irá produzir.

Mais uma vez se observa a quantidade de tarefas que consomem tempo ao pessoal da fábrica sem acrescentar qualquer valor. Nota-se também as dificuldades que todos enfrentam e que facilmente poderão ser resolvidas, com a implementação de sistema informático no chão de fábrica. Este sistema pode, não só, fornecer uma visão geral de cada operação produtiva, dando informação sobre o que está a ser produzido em cada uma, mas também servir como meio de transmissão de informação entre o pessoal da fábrica.

3.3.4 Rastreabilidade da produção

A garantia da rastreabilidade da produção é fundamental para qualquer negócio. Isto significa que é de extrema importância identificar toda a matéria-prima e/ou material subsidiário que está associado ao produto final. Esta necessidade fica bem patente quando existe uma reclamação de um cliente e se pretende identificar o motivo da mesma, sabendo a sua origem.

A rastreabilidade é assegurada, atualmente, pelos números de lote. Todo e qualquer produto ou material que esteja dentro da fábrica tem um número de lote associado que serve como a sua identificação. Sempre que se dá início a uma determinada ordem de produção, vão sendo consumidas matérias-primas e combinados vários lotes de cada uma, assim como de material subsidiário, sendo criados novos lotes à medida que o produto avança na sequência de operações.

O grande problema associado a esta rastreabilidade é a forma de chegar aos lotes de origem de determinado produto final. Para isso, é necessário consultar o sistema informático onde se regista o planeamento de produção. Dado que o produto passa por tantas operações e é combinado com uma quantidade considerável de produtos químicos, é necessário realizar uma pesquisa muito extensa. Ou seja, não existe uma forma direta e rápida de identificar todos os lotes associados ao produto final. Não existe um sistema que construa uma árvore de rastreabilidade que permita fazer essa verificação. Para que fique bem claro, exemplifica-se com uma breve situação.

Suponhamos que no controlo ao produto final no laboratório (último controlo antes da expedição) se observam inconformidades com determinada variável de produto. O primeiro passo é identificar quais os lotes que formaram aquela encomenda. Depois, analisar quais as encomendas que também foram originadas por qualquer um desses lotes (pois também podem estar não conformes e têm de ser imediatamente segregadas). De seguida analisar a proveniência de todos esses lotes. Sendo esta uma fábrica onde as operações são praticamente sequenciais, a questão torna-se menos complicada. Continuando com a pesquisa, suponhamos que se deteta que o problema provém da lavação e está associado a um produto químico. Estando o problema identificado é necessário saber quais os lotes de produtos químicos utilizados na produção daquele lote. Posteriormente verificar quais os lotes adicionais que foram produzidos por aquele produto químico. A pesquisa prolonga-se até se resolver o problema de vez, segregando toda a produção associada aquele lote.

Como vemos, esta questão exige um grande esforço de pesquisa, consumindo muito tempo a quem executa a tarefa. Tudo isto seria facilmente resolvido com as árvores de rastreabilidade. Idealmente deveria existir um sistema informático onde se colocasse um número de lote ou de encomenda e o sistema fornecesse toda e qualquer informação associada ao mesmo.

3.3.5 Aferição das quantidades produzidas e controlo de inventário

Outra questão comum a praticamente toda a unidade industrial são as quantidades de rolhas ou corpos existentes dentro de cada contentor. O que acontece atualmente é que se assume que cada contentor tem capacidade para um certo número de rolhas que é função do calibre (dimensões) das mesmas. Assim, sempre que um operador recolhe um cesto e o transporta para outra operação, esse pressuposto é assumido. No entanto, nem sempre os cestos estão totalmente cheios nesse momento e, mesmo estando cheios, o número de rolhas pode variar relativamente ao que se assume ser o correto. O conceito de “cesto completo” pode variar, como se ilustra na Figura 11, onde ambos os cestos são considerados cheios. Desta forma, a exatidão do número de rolhas produzidas ao fim de determinado turno é posta em causa. Esta questão tem maior relevância quando se trata de calibres especiais (calibres que não são *standard* e possuem dimensões diferentes do normal). Pode acontecer, por exemplo, que seja planeada a produção de trinta mil rolhas e no final existem mais ou menos duas mil pois a exatidão deste valor foi-se perdendo à medida que o produto foi colocado em contentores diferentes.



Figura 11 - Diferença de nível entre dois cestos considerados cheios, que se assume terem a mesma quantidade.

Em algumas operações, como por exemplo a pesagem, a moldação ou os acabamentos mecânicos, existem contadores do número de rolhas. Essa informação não está ligada a nenhum sistema. A única utilidade que é aproveitada hoje em dia é para limitar as quantidades de rolhas ou corpos por contentor, impedindo que os mesmos caiam no chão. No entanto, nas outras operações não existem contadores fazendo com que a precisão do número de rolhas seja perdida.

No final do mês, quando é feito o controlo dos registos das quantidades consumidas e produzidas em cada operação, pode acontecer que existam perdas difíceis de explicar. Nessa altura existe uma grande pressão dos responsáveis pelo controlo de gestão para que todas as quantidades consumidas igualem as produzidas. No entanto, com tantas transferências de corpos e rolhas entre cestos e com tantos pressupostos assumidos a tarefa torna-se complicada. Assim, o controlo de gestão pode tornar-se deficiente pois a única forma que tem para dar a voltar a estas situações é a de dar acertos. Isso implica registar consumos ou produções de rolhas que, na verdade, não existiram só para que tudo fique certo.

3.3.6 Comunicação entre o laboratório e a fábrica

Sempre que o laboratório rejeita determinada amostra associada a um lote de produção é necessário enviar essa informação para que os contentores associados a esse lote fiquem sob condição. O que acontece atualmente é que o envio dessa informação é feito por um analista do laboratório que se desloca à fábrica e coloca uma placa nos contentores. Essa placa informa os operadores que não podem transportar aqueles contentores para outras operações. Também nas operações em que os contentores não podem avançar sem a aprovação do

laboratório, como depois da pesagem, o mesmo acontece. O responsável do laboratório desloca-se à fábrica e coloca placas informando se os cestos estão ou não aprovados, como se representa na Figuras 12. Esta transmissão de informação implica elevadas perdas de tempo para o laboratório. Isto porque, e na melhor das hipóteses, a transmissão implica apenas duas viagens à fábrica por cada lote (uma para colocar o contentor “em inspeção” e outra para colocar “aprovado”). No entanto pode ocorrer que os resultados do laboratório não sejam satisfatórios e o lote seja rejeitado. Nesses casos, o número de viagens é maior dado que se tem de colocar o lote “sob condição” e se o lote voltar a ser analisado e aprovado coloca-se a placa “aprovado”.



Figura 12 - Forma de transmitir informação acerca do estado dos lotes.

Seria muito mais produtivo para o laboratório se conseguissem transmitir essa informação através de um computador localizado no local. Mais uma vez fica patente a falta de um sistema informático capaz. Sistema esse que contenha informação, a todo o momento, do estado de aprovação de cada lote de produção e contentores associados.

3.3.7 Critério FIFO e reprocessamentos

Um dos critérios que não é respeitado no transporte dos cestos entre operações é o chamado “*First In First Out*” (FIFO). Isto porque o detalhe da identificação de cada lote não dá informação sobre o momento exato em que o conteúdo do cesto foi produzido. Esse detalhe não vai para além do dia de produção (em alguns casos apenas faz referência à semana de produção). Desta forma os operadores não sabem quais os cestos que, em cada zona de *stock* intermédio, estão em espera há mais tempo. Não existindo um sistema de controlo, nada os impede de transportarem qualquer cesto e o alocarem a uma máquina de produção. Acontece por vezes que os cestos ficam “esquecidos” por estarem mais longe das moegas de abastecimento da operação. Desta forma, não é garantido que o produto que esteja produzido há mais tempo seja o primeiro a seguir para a operação seguinte.

Uma operação muito comum na fábrica são os reprocessamentos. Estes acontecem quando, por algum motivo não programado, existe produto não conforme à saída de uma operação. Dado que neste negócio não existem desperdícios, o que se faz é reprocessar essa produção, para que esta possa ser aproveitada de novo. Os reprocessamentos ocorrem muitas vezes na escolha eletrónica e/ou manual. Exemplificando, as rolhas que são consideradas como defeituosas nesta operação, são separadas das rolhas sem defeito e colocadas num contentor à parte. De seguida, são levadas para a operação de acabamentos mecânicos onde ocorre o reprocessamento. As rolhas são retificadas, passando a ter um novo calibre, sendo os defeitos eliminados (que podem ser na base, no topo ou na superfície lateral da rolha). O grande problema aqui é que não se distingue uma operação de reprocessamento de uma operação produtiva normal. Assim, a produção contabilizada ao final do turno poderá ser maior do que o que foi feito na realidade dado que estas rolhas são contabilizadas duas vezes (uma na operação onde são produzidas e outra no reprocessamento). Este facto é enganador e pode por

em causa todo o planeamento. Assim, é necessário criar uma catalogação para distinguir estes casos para aplicar no sistema MES.

3.3.8 Indicadores de performance

Os indicadores de performance de cada operação são determinantes para promover e melhorar a qualidade das mesmas. Todas as operações possuem características e variáveis que ditam a forma como o processo está a trabalhar. Essas variáveis, sendo otimizadas, poderão causar melhorias significativas em aspetos como a eficiência, a qualidade do produto e os custos.

Atualmente poucos indicadores são analisados pois a informação gerada em cada operação não é suficiente para os calcular. Este aspeto torna o estudo e análise de cada operação muito pobre, sugerindo que podem existir oportunidades de melhoria da eficiência que não estão a ser aproveitadas. Hoje em dia apenas são analisados indicadores básicos, fáceis de obter, tais como os consumos energéticos. Em certas operações a informação já é gerada, como a percentagem de produto defeituoso na escolha eletrónica. No entanto, essa informação só é aproveitada para verificação no momento e não para gerar relatórios ou gráficos de performance.

Atualmente também não se consegue fazer a distinção da eficiência entre máquinas numa determinada operação. Essa distinção apenas é feita a partir da produção de cada uma. No entanto, existem inúmeros fatores que podem ditar a eficiência das mesmas, que não são analisados.

A medição destes indicadores nem sempre é fácil de obter. Será necessário não só definir quais os indicadores indicados para cada operação como também tornar as máquinas capazes de fornecer a informação necessária. É necessário adicionar infraestruturas às máquinas para que os indicadores sejam calculados. Existindo ligação a um sistema informático, como o MES, será possível gerar relatórios associados a cada operação. A definição de KPI's é feita no levantamento de requisitos.

3.3.9 Recipientes de produtos químicos e avarias de máquinas

Outra das tarefas que consomem tempo ao operador sem acrescentar valor ao produto é a verificação da quantidade de produto químico disponível nos recipientes. Caso o nível de produto esteja baixo é necessário substituir o depósito. Se a substituição não for feita na altura certa, as máquinas param por falta de matéria-prima. Nessas mesmas operações onde existe a necessidade de produtos químicos, tais como a extrusão ou a lavação, já existem balanças que medem as quantidades à entrada. No entanto, não existindo nenhum sistema informático, a informação disponível nessas balanças não é aproveitada para se fazer o apuramento de quantidades que vão sendo consumidas de cada recipiente. Desta forma, não se sabem as quantidades disponíveis sem verificar os recipientes.

Para além da quantidade, a validade dos lotes de produtos químicos também é muito importante. Caso um lote fora de prazo seja introduzido em alguma operação, terá de ser parada toda a produção para que sejam retirados os lotes associados. No entanto, não existe nada que impeça um lote fora de validade de estar a abastecer certa máquina a não ser o operador, que verifica regularmente essa validade.

Relativamente às máquinas existentes na fábrica, quando ocorre uma avaria é necessário informar os responsáveis pela manutenção para que seja feita uma avaliação. Muitas das vezes essa avaria não é imediatamente reconhecida. Não existindo nenhum sistema capaz de gerar a informação sobre o motivo da avaria, é necessário parar para analisar a avaria. Esta limitação não só consome tempo à equipa de manutenção como também pode fazer com que as máquinas estejam mais tempo indisponíveis, diminuindo as quantidades produzidas.

3.4 Breve descrição das operações e problemas associados a cada uma

Depois de identificados os problemas comuns a toda a unidade industrial, será agora feita uma análise mais micro e particular a cada uma das operações.

3.4.1 Trituração

Esta é a operação de maior complexidade. Tem como principal objetivo transformar a apara (que pode ser de vários tipos e resulta dos desperdícios da cortiça) em granulado, de vários tipos e calibres. O processo é complexo pois exige a passagem do produto por várias fases e máquinas diferentes. De uma forma geral e resumida, a apara entra no moinho denominado MDT, de seguida entra no secador e depois no peneiro, para ser feita a separação das terras. Seguidamente, o granulado volta a passar em outros moinhos para depois entrar nos *Rotex 1* e *2* onde será feita a separação por calibre de granulado. Este granulado poderá ser, no final, armazenado em *big bag's* ou em silos.

É importante referir que nesta operação existem várias balanças que controlam as quantidades que circulam por todo o processo. Estas são:

- JCB: controla todos os *inputs* do processo, exceto a broca;
- Brocas: controla a quantidade de broca que entra no processo;
- Aparas: controlam as quantidades que entram no moinho K800;
- K600: controlam as quantidades que entram no moinho K600;
- RN: controlam as quantidades que saem do processo para os silos;
- Terras: pesa as terras;
- *Big Bag's*: controla o peso dos *big bag's* enchidos depois da operação.

Atualmente este processo apresenta grande margem para ser melhorado principalmente no que diz respeito à transmissão da informação. Um bom exemplo disso diz respeito ao registo das quantidades de apara que entram no processo. Tais quantidades são medidas na balança JCB e, no final de cada dia, coloca-se uma *pen* na balança, extrai-se a informação e regista-se numa folha de *Excel*. Assim, a informação não circula em tempo real nem de forma direta.

Outro exemplo é o controlo da humidade feito em laboratório. No momento da chegada da apara à fábrica é criado um registo com toda a informação acerca dessa matéria-prima, feito pelo responsável da portaria. De seguida, no armazém de apara, o operador recolhe uma amostra e leva para o laboratório. No laboratório é feita a medição da humidade e a informação é enviada de novo para a portaria para que seja adicionado esse detalhe ao registo feito inicialmente. Esta troca de informação é feita de forma indireta, quer por folhas de *Excel* ou simplesmente por correio eletrónico. É necessário criar um sistema em que todos possam preencher a informação necessária para que não seja preciso o envio de informação entre o pessoal.

Relacionado com o controlo laboratorial está o facto de se assumir que a humidade da apara que em determinado momento dá entrada na operação corresponde à humidade da mesma registada no dia anterior. A questão deve-se ao facto de se assumir que a rotação de *stock* é de cerca de um dia. Esse pressuposto, que nem sempre é verificado, reduz significativamente a fiabilidade dos registos. Caso existisse um sistema de controlo do *stock* do armazém, que fornecesse informação em tempo real das quantidades existentes, esta informação seria muito mais fiável.

3.4.2 Sistema de tratamento e secagem do granulado (ROSA®) e estabilização

Existe um composto químico, denominado por 2,4,6 – Tricloroanisol (TCA), responsável pelo mau odor e mau gosto dos vinhos. Este composto está presente na cortiça e a sua eliminação representa um dos maiores problemas atuais associados às rolhas. O sistema de tratamento de

granulado (ROSA®) tem como intuito diminuir a concentração desse composto. Para tal, o granulado passa por um estágio, dentro das máquinas do ROSA®, onde é misturado com vapor de água. No final, passa por um secador rotativo para diminuir a humidade.

Esta é uma das operações que neste momento é controlada pelo sistema MES já instalado na unidade industrial. Desta forma, existem poucos problemas dado que o sistema se mostra muito capaz para fazer todo o controlo e gerar informação. Através deste é possível controlar as máquinas, dando ordens para estas iniciarem ou pararem, verificar as quantidades existentes nos silos de abastecimento, assim como escolher qual o silo de descarga, entre outras opções, como se pode ver na Figuras 13.

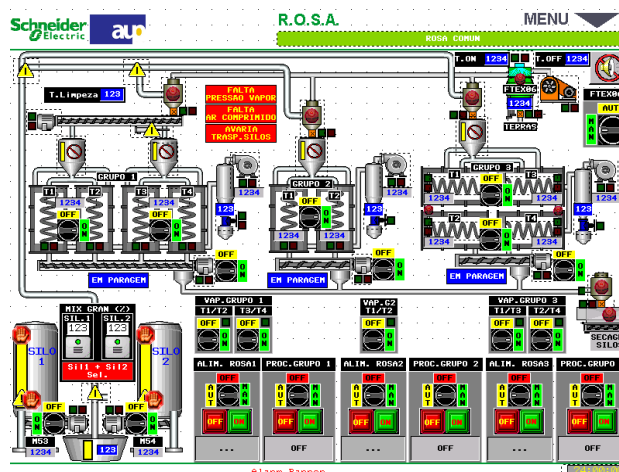


Figura 13 - Sistema MES existente na operação de tratamento do granulado, onde é possível interagir com as máquinas e silos (I).

Para além disso, é possível visualizar em tempo real as variáveis de máquina, como caudais e temperatura, assim como alguns KPI's, como é ilustrado na Figura 14. Apesar de já ser um sistema muito completo, este será reanalisado para identificar oportunidades de melhoria.



AMORIM

Tratamento Rosa



Abastecimento Grupos

Estabilização

Grupo 1		
Ordem	EXECUÇÃO	
OEE (24h)	0	%
Consumo	4.609,38	Kg
Caudal 1 Granulado	203,39	Kg/h
Caudal 2 Granulado	164,08	Kg/h
Rácio Vapor/Granulado	4,38	
Caudal Vapor T1T2	790	Kg/h
Caudal Vapor T3T4	810	Kg/h
Temperatura Vapor T1T2	121	°C
Temperatura Vapor T3T4	124,3	°C
Pressão Vapor T1T2	1,04	Bar
Pressão Vapor T3T4	1,26	Bar

Grupo 2		
Ordem	EXECUÇÃO	
OEE (24h)	0	%
Consumo	4.451,15	Kg
Caudal Granulado	358,47	Kg/h
Rácio Vapor/Granulado	2,20	
Caudal Vapor T1T2	787	Kg/h
Temperatura Vapor T1T2	131,1	°C
Pressão Vapor T1T2	1,84	Bar

Grupo 3		
Ordem	EXECUÇÃO	
OEE (24h)	0	%
Consumo	4.258,25	Kg
Caudal Granulado	343,78	Kg/h
Rácio Vapor/Granulado	4,22	
Caudal Vapor T1T3	569	Kg/h
Caudal Vapor T2T4	880	Kg/h
Temperatura Vapor T1T3	126	°C
Temperatura Vapor T2T4	136,2	°C
Pressão Vapor T1T3	1,37	Bar
Pressão Vapor T2T4	0,84	Bar

Figura 14 - Informação sobre variáveis de máquina e KPI's em tempo real gerados pelo sistema MES.

Quanto à estabilização do granulado, esta serve para que este ganhe as propriedades físicas necessárias para, mais tarde, formar as rolhas. O granulado estabiliza dentro de silos durante 48 horas para que depois possa seguir para a moldação ou para a extrusão.

Esta operação também já possui o sistema MES. No entanto, a única utilidade do sistema instalado é a de verificar as quantidades disponíveis em cada silo. A grande questão relacionada com todo o tipo de estabilização é o intervalo de tempo que esta dura. Assim, é crucial garantir que as 48 horas são cumpridas. Hoje em dia faz-se uma estimativa desse tempo. No entanto, a medição é pouco rigorosa, o que faz com que a qualidade do produto

possa comprometer as operações seguintes. Idealmente o granulado só deveria ter permissão para sair dos silos depois das 48 horas. O MES existente vai ser complementado com este controlo de tempos dado ser muito importante para a qualidade do produto.

3.4.3 Moldação

A operação de moldação tem como objetivo transformar o granulado em corpos *Neutrocork®*. Em primeiro lugar é criada uma mistura de granulado com cola e óleo parafínico. Essa mistura segue para as moldadoras e preenche os moldes suportados pelos tabuleiros de cada moldadora. Estes moldes definem o calibre dos corpos produzidos. As moldadoras possuem fornos por onde passam os tabuleiros e, no final, os corpos são formados, caindo para cestos.

Esta é outra das operações que já possui MES. No entanto, o sistema ainda apresenta margem para melhorias. É possível visualizar as quantidades que estão a ser produzidas em tempo-real e em cada máquina mas não se sabe os níveis de *stock* à entrada da operação ou se o que foi produzido já foi aprovado pelo laboratório. São também visíveis os KPI's existentes, como o OEE ou o número de tabuleiros vazios, como indica a Figura 15. É também possível gerar relatórios de produção que fornecem uma visão geral da mesma num determinado período, como a Figura 16 ilustra. No entanto, ainda não existem relatórios de processo e os KPI's utilizados são muito poucos.

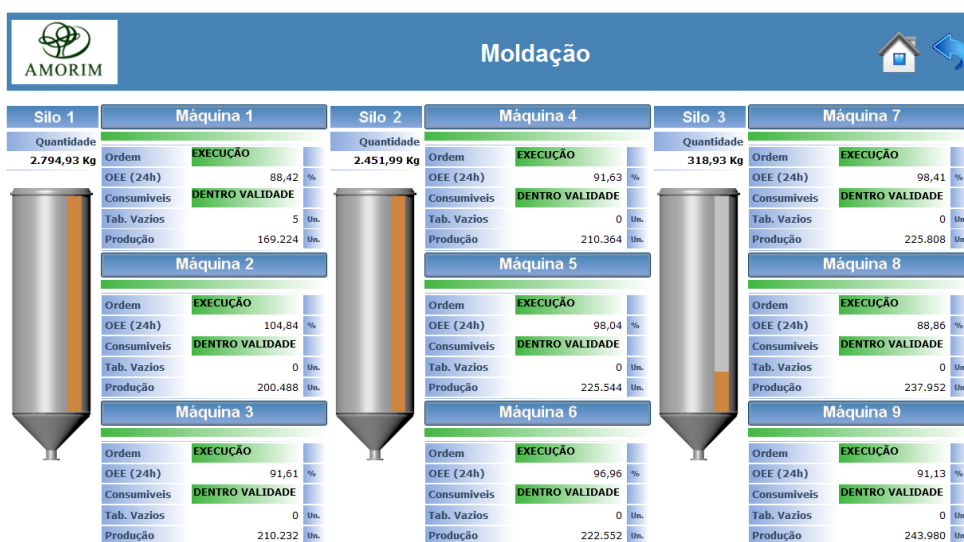


Figura 15 - Informação gerada pelo MES existente na operação de Moldação.

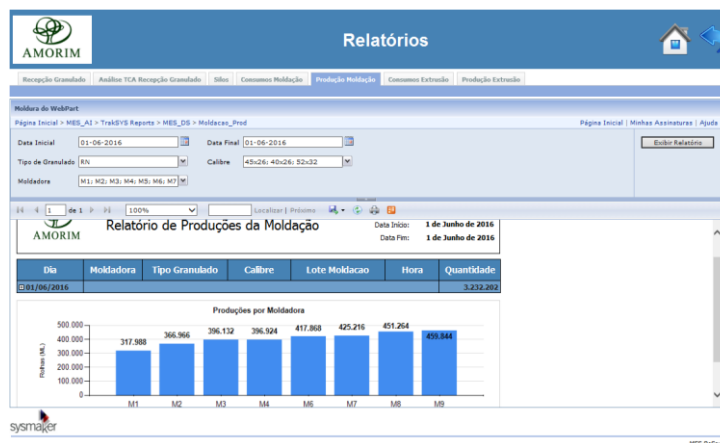


Figura 16 - Relatórios de produção gerados pelo MES existente na operação de Moldação.

Será necessário redefinir o sistema para que este se torne mais completo.

3.4.4 Extrusão e corte

A operação de extrusão e corte tem como objetivo transformar o granulado em rolhas *Neutrotop®*. Inicialmente é feita uma mistura de granulado, cola, óleo parafínico e látex, de acordo com uma receita predefinida, dentro de um misturador. Essa mistura segue para as extrusoras onde são criados bastões de granulado. Com o auxílio da máquina de corte, esses bastões são cortados formando as rolhas, de acordo com as dimensões especificadas. Nesta operação é feito controlo de processo a algumas das variáveis do produto.

A extrusão é a operação que mais deixa a desejar em termos da fiabilidade e controlo das quantidades produzidas e da informação gerada. Atualmente assume-se que a capacidade produtiva diária de cada uma das extrusoras existentes na fábrica é fixa e apenas varia em função do calibre da rolha. Desta forma, todo o planeamento de produção é feito com base nesse pressuposto. Como é de esperar, muitas das vezes acontece que o que foi planeado não foi executado ou então que existe demasiado *stock* de determinado tipo de rolha, resultado do excesso de produção. Também quando se necessita de analisar o *stock* que existe na operação existe um grande desfasamento entre as quantidades reais e as que são registadas. Isto porque nesta operação se produzem calibres que não são *standard*. Como vemos, não existe um controlo rigoroso e em tempo real daquilo que está a ser produzido em determinado momento, pois ainda não existe forma de contar as rolhas produzidas. Nota-se claramente a falta de dispositivos que façam a contagem de rolhas e um sistema informático que recolha essa informação.

3.4.5 Pesagem de rolhas e estabilização dos corpos ou rolhas

Esta é uma operação extremamente simples que faz o controlo do peso de cada rolha através da utilização das balanças. Existe um intervalo de peso aceitável, e as rolhas que estiverem dentro ou fora desse intervalo são separadas para cestos diferentes. Neste processo apenas passam rolhas *Neutrotop®* e, em casos muito raros, rolhas *Neutrocork®* (resultado de exigências do cliente final). Depois de pesadas, as rolhas passam por um controlo laboratorial a características como a humidade e as dimensões.

Comparado com a maioria das operações na unidade industrial “De Sousa”, esta é um pouco mais evoluída em termos da qualidade da informação, resultado também da simplicidade do processo. No entanto, também existem adversidades associadas. Uma grande falha existente é o facto de, tanto as rolhas que estão abaixo dos limites de peso como as rolhas que estão acima desse limite, serem colocadas no mesmo cesto. Desta forma, perde-se totalmente essa distinção entre elas. Ainda não existe uma catalogação bem definida do produto que sai da operação. Isto quer dizer que se considera que sai produto conforme ou produto não conforme, não existindo distinção dentro de cada uma dessas classes. Com o sistema MES em vias de ser implementado, essa questão necessita de ficar esclarecida. Para além desta questão, será necessário ligar e extrair a informação gerada nas consolas da pesagem para que o sistema MES registe as quantidades produzidas defeituosas e não defeituosas e construa os KPI's que serão definidos.

A estabilização dos corpos *Neutrocork®* acontece no final da operação de moldação. Já no caso das rolhas *Neutrotop®*, a estabilização é feita depois da extrusão e corte e antes da pesagem, para que as rolhas ganhem as suas características físicas. O principal problema desta fase é o mesmo que o da estabilização do granulado pois não existe um controlo rigoroso das 48 horas. Ou seja, os cestos estão identificados pelo lote a que pertencem e pelo dia e o turno em que foram produzidos. Dado que um turno possui 8 horas, a sensibilidade da data do término de produção de cada cesto de rolhas é muito pouca. Este aspeto faz com que, quando o operador recolhe um contentor da zona de estabilização, não saiba o tempo exato que esse

contentor estabilizou. Mais à frente no processo, as rolhas podem vir a ser rejeitadas em laboratório pois não repousaram durante tempo suficiente.

3.4.6 Acabamentos mecânicos

A operação de acabamentos mecânicos, também conhecida como retificação, é aplicada apenas aos corpos *Neutrocork®* (aglomeradas por moldação) e resume-se a uma sequência de três tipos de acabamentos em linha: polir, topejar e chanfrar. O polimento é feito para ajustar o diâmetro do corpo enquanto o topejamento dita o comprimento do mesmo. O chanfro é feito de seguida, tanto no topo como na base. Apenas no final deste conjunto de acabamentos é que o corpo *Neutrocork®* se passa a denominar de rolha. Em situações excepcionais, quando existem reprocessamentos, pode acontecer que um dos tipos de acabamentos (polimento, topejamento, chanfro) seja feito de forma independente, bastando apenas desativar as máquinas que não serão utilizadas.

Os dois grandes problemas associados a esta operação são os reprocessamentos (já falado anteriormente) e o controlo de desperdícios. Muitas das vezes os acabamentos feitos aos corpos não correm como esperado, pelo que o corpo se transforma em desperdício. Apesar de ser uma situação excecional, ao fim de um período de vários dias poderá ser significativo. Atualmente, as quantidades de desperdício sofre um controlo pouco rigoroso dado que tanto pode ser aspirado como colocado em baldes ou sacos, não existindo registo das quantidades. Desta forma, no final do mês quando se faz o controlo de inventário físico e se compara com os registos poderão existir desfasamentos significativos que não foram contabilizados.

3.4.7 Lavação e Estufa

A operação de lavação tem como objetivo atribuir a cor à rolha. Esta cor é especificada pelo cliente final. O processo é simples mas demorado, em função do tipo de lavação (podendo demorar cerca de 1 hora e meia), sendo que um conjunto de rolhas entra nos tambores de lavação e, através da adição de produtos químicos, a rolha ganha a cor pretendida. Existem apenas três tipos de cor.

A grande questão associada à lavação diz respeito à mudança de calibre entre duas lavações. Caso exista diferença de calibre entre o lote que acabou de terminar o processo e o lote que irá entrar de seguida, é necessário existir um tempo de espera de esvaziamento das moegas de abastecimento, para que não existam misturas de rolhas de diferentes calibres. Este controlo é feito atualmente pelo operador, que faz um intervalo de espera pouco rigoroso, não existindo nada que impeça as moegas de abastecimento de ser abastecidas com o conteúdo de outro cesto sem que esse tempo de espera seja cumprido.

Quanto à estufa, esta operação serve para fazer a secagem das rolhas que, quando saem do processo de lavação, apresentam humidade acima do pretendido. Desta forma, todas as rolhas que terminam o processo de lavação são transportadas para a estufa, onde permanecem durante cerca de 45 minutos. No final do processo, estas voltam a ser colocadas em cestos.

Este é um processo que apresenta poucos problemas dado que se trata apenas da passagem das rolhas pela estufa. No entanto, também aqui a produção não é rigorosamente controlada, pois se assume que a quantidade que sai da lavação corresponde exatamente à quantidade que entra na estufa, desconsiderando-se possíveis perdas.

Para abastecer a estufa existe uma moega, onde caem as rolhas do cesto colocado pelo operador. Quando um cesto fica completamente vazio é necessário trocá-lo para colocar um novo, cheio, garantindo a cadência da produção. No entanto, não existe nenhum alarme que indique que um novo cesto já pode ser alocado, podendo por vezes a estufa estar algum tempo sem ser abastecida. Muitas das vezes os cestos não estão ao alcance visual do operador, tendo este que se deslocar para fazer a verificação.

A questão da mudança de calibre é também aqui muito importante. Assim, é necessário garantir que quando se pretende secar um calibre diferente daquele que está a sair da estufa, toda o lote que percorre a estufa sai do processo, não ficando nem uma rolha.

3.4.8 Escolha de rolhas

A escolha de rolhas é uma operação que faz a separação entre rolhas com defeito e rolhas sem defeito. O processo é maioritariamente realizado de forma automática/eletrónica, mas também pode ser feito de forma manual. Assim, as rolhas defeituosas são separadas para os cestos de defeitos enquanto o produto conforme segue para a operação seguinte. As rolhas defeituosas poderão depois ser reprocessadas, gerando novas rolhas ou simplesmente servir como aparta.

Apesar de esta operação ser das mais automatizadas, esse nível de automatização não é totalmente aproveitado. Atualmente existem pequenos monitores em todas as máquinas (eletrónicas), que dão informação como a percentagem de rolhas defeituosas e o número total de rolhas. No entanto, esses dados não são extraídos das máquinas dado que estas não estão ligadas a nenhum sistema de informação. Desta forma, não têm qualquer outra utilidade.

Nesta operação é impossível ter uma visão geral de toda a operação pois não existe um sistema que reúna toda a informação e ilustre a situação da operação de escolha. Desta forma, o operador necessita de andar de máquina em máquina para verificar as taxas de rejeição de cada uma.

3.4.9 Embalagem/Ensaque

A operação de embalagem é a última antes da expedição. As rolhas que chegam a esta operação poderão ser embaladas em caixas ou em sacos. Existem dois métodos diferentes de embalagem. A embalagem em sacos é feita pelos operadores enquanto a embalagem em caixas é feita de forma automática, por um robot. Esta operação inclui também a passagem das rolhas por um detetor de metais para que as rolhas que reprovam no detetor não sejam embaladas. No final da operação, os sacos ou caixas são colocados em paletes.

Uma questão muito importante na embalagem é, mais uma vez, o facto de que a informação não circula em tempo real. Uma vez que o laboratório tem de aprovar uma amostra de todas as encomendas existentes, é no laboratório que se dá a aprovação final para a encomenda poder ser expedida. Atualmente, a informação daquilo que foi embalado está armazenada nos registos do laboratório pois se parte do princípio que apenas o que foi aprovado é que foi embalado. No entanto, o laboratório não trabalha 24 horas por dia, enquanto a embalagem trabalha. Assim, o responsável pelo planeamento apenas sabe o que foi aprovado e não as quantidades já embaladas, e que estão em espera para aprovação.

Outro dos problemas desta operação está relacionado com a rastreabilidade das encomendas e com as etiquetas que identificam os sacos. O que acontece hoje é que o operador imprime um leque de etiquetas e, consoante os sacos são embalados, as etiquetas são preenchidas manualmente com a informação necessária, consumindo muito tempo ao operador. Paralelamente a isso e com o intuito de garantir a rastreabilidade de todas as encomendas, o mesmo operador preenche uma folha com toda a informação necessária associada à encomenda que está a embalar (lote, tipo de lavação, quantidade, máquina utilizada, etc).

Como foi visto ao longo deste capítulo, existem inúmeros problemas associados ao quotidiano da fábrica. A tentativa de resolução destes problemas será feita através da implementação de um novo sistema informático, o MES. Apresenta-se no próximo capítulo o levantamento de requisitos por operação que faz a projeção dessa implementação.

4 Levantamento de requisitos por operação

Neste capítulo pretende-se detalhar os requisitos de cada operação. Para tal, serão salientados os balanços mássicos/rastreabilidade, o controlo de qualidade, a monitorização dos processos e a análise de dados. Este é um levantamento macro uma vez que a análise que deu origem ao mesmo foi feita de forma superficial, não sendo exaustiva em cada operação. A razão é o facto de que o projeto de implementação do MES está numa fase embrionária a por agora apenas se pretende uniformizar todas as unidades.

Para tratar dos balanços mássicos serão apontados todos os *inputs* e *outputs* que resultam de cada operação assim como a forma de os identificar. Para o controlo de qualidade serão identificadas as variáveis do produto a controlar, as condições para aceitar os *inputs* nas operações e as condições para disponibilizar os *outputs* para as operações seguintes. Na monitorização do processo será mencionado o número de máquinas existentes, as variáveis dessas máquinas a controlar em MES, o destino dos *outputs*, entre outras aspetos de igual relevância.

Na análise de dados será mencionada a informação que irá constar nos relatórios de produção e nos relatórios de processo gerados pelo MES. Para além disso serão definidos os indicadores de performance que melhor se aplicam a cada operação.

Na parte final de cada subcapítulo serão feitas observações relativamente à necessidade de instalar infraestruturas para apoio à obtenção de informação por parte do MES. A instalação destes mecanismos tem em conta as pretensões da direção industrial.

4.1 Considerações e requisitos iniciais

Inicialmente serão clarificados e distinguidos alguns conceitos que foi necessário criar para que a informação a introduzir no MES esteja o mais explícita possível. Estes conceitos não estão atualmente esclarecidos nem são aplicados. A partir da implementação do MES, estes serão utilizados.

4.1.1 Inputs e outputs de produto

Um *input* é toda a matéria-prima e material subsidiário necessário para uma determinada operação, de onde resultará um produto denominado *output*. Uma questão de extrema importância e que atualmente é motivo de alguma confusão é a forma de identificar os *outputs* em cada operação. A razão está no facto da possibilidade de poder existir produto defeituoso e desperdícios. Como tal, elaborou-se uma catalogação para identificar os *inputs* e *outputs*, que será utilizada pelo MES. Os *outputs* poderão ter as seguintes denominações:

- **Produto/Artigo;**
- **Subproduto** (desperdício), que não pode ser utilizado no processo produtivo tendo valor monetário inferior;

- **Coproducto**, que pode sofrer nova classificação tendo em conta a decisão de aproveitamento deste. Pode passar a ser:
 - Produto não conforme, quando não cumpre as especificações da operação mas pode, mediante avaliação, ser submetido a uma operação que o torne Produto/Artigo;
 - Produto/artigo, após reprocessamento;
 - Subproduto, caso não possa ser utilizado no processo produtivo;
 - Sobras, quando resulta de produção excedente.

No sistema MES, tanto os *inputs* como os *outputs* de produto serão sempre identificados pelo seu ID. Este ID inclui o número de lote (para garantir a rastreabilidade da produção), o código e descrição do produto/artigo e a quantidade. Na identificação será indicado também o número de máquina onde o produto foi produzido (quando existe mais do que uma em determinada operação), a data e a hora. Para além destes campos, sempre que necessário deverá aparecer o número de encomenda de cliente/*stock* de segurança, assim como os campos que serão especificados na análise feita de seguida a cada operação. Nos casos em que se identifica com o número de encomenda de cliente, o sistema MES deve ser capaz de recolher todas as informações da ficha cliente-produto (FCP) associada. Nesta ficha constam todas as preferências e exigências dos clientes relativamente ao controlo laboratorial.

4.1.2 Condição básica de fiabilidade do sistema

A condição básica de fiabilidade do sistema MES é a identificação de todos os *inputs* e *outputs* com códigos de barras (colocados nos meios de armazenamento dos produtos como cestos, silos, recipientes, etc.). Para registar a informação serão instaladas pistolas para picagem dos códigos de barras e impressoras de etiquetas. Estes sistemas estarão localizados nos quiosques, em cada operação. Os quiosques são terminais com interface MES para realizar os registos de cada operação. Para manipular e controlar os autómatos das máquinas serão instaladas consolas, sempre que necessário.

4.1.3 Reprocessamentos

A questão dos reprocessamentos, já relatada no capítulo anterior, necessita de ficar desde já esclarecida. Para que o MES seja capaz de calcular a produção exata em cada operação em que existem reprocessamentos, fez-se a seguinte distinção:

- **Quantidade produzida:** toda a produção efetuada na operação;
- **Quantidade reprocessada:** toda a produção que exigiu um reprocessamento;
- **Quantidade em stock na operação:** diferença entre a quantidade produzida e a quantidade reprocessada.

Desta forma terá de haver uma catalogação de reprocessamento de modo a identificar estas situações, como a Figura 17 ilustra. Assim, é possível distinguir a ocupação da operação e o aproveitamento da mesma.

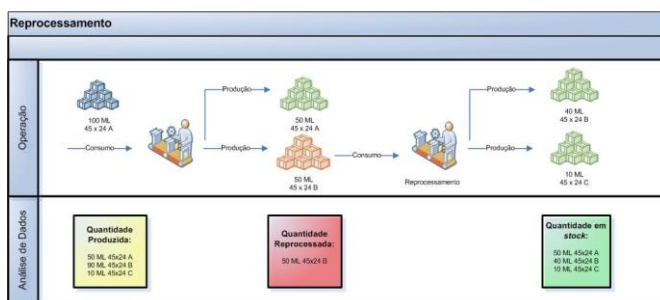


Figura 17 - Catalogação de reprocessamentos.

Quando existir produção reprocessada, esse facto será reconhecido pois essa mesma produção terá na sua identificação essa informação, assim como o número de vezes que foi reprocessada.

4.1.4 Receitas de produção e produtos químicos

Existem operações em que existe necessidade de incluir produtos químicos, tais como a extrusão e a moldação. As quantidades a utilizar são definidas pelas receitas. Estas definem também os parâmetros de máquina como as temperaturas ou tempos.

Todas as receitas vão registadas em MES para que o sistema efetue os consumos teóricos de matéria-prima e material subsidiário e para que forneça os parâmetros de máquina a comunicar com os autómatos. Os consumos reais serão efetuados conectando o MES às balanças existentes em cada operação. Em situações em que os autómatos avariam será contemplada a introdução manual dos produtos, lotes e respetivo registo de quantidades. Os consumos passam a ser totalmente controlados pelo MES. Assim será possível instalar alarmes nos recipientes que sejam acionados quando estes estejam a ficar vazios, evitando perdas de tempo na verificação do nível dos mesmos.

No caso em que um produto químico esteja associado a mais que uma máquina, essa informação deverá ficar registada em sistema MES, para uma gestão correta dos níveis de *stock*. A data de validade de cada produto deverá ser confirmada aquando da picagem para consumo na operação para que não ocorram problemas de segregação de lotes nas operações posteriores.

Depois de registadas em MES, o sistema deve permitir fazer alterações às receitas sempre que seja necessário. Foi efetuado o levantamento de todas as receitas existentes nas operações. No entanto estas não poderão ser apresentadas por motivos de confidencialidade. Na Figura 18 apresenta-se um exemplo de como a informação será registada em MES.

Mold. Nº 2, 4, 5			
RECEITA			
Material	Quantidade	% Mistura	Custo
Granulado 1/2 (RN)	X1 Kg	Y1 %	Z1
Cola	X2 Kg	Y2 %	Z2
Óleo parafínico	X3 Kg	Y3 %	Z3
Latex	X4 Kg	Y4 %	Z4
TOTAL	X	Y	Z

Figura 18 - Exemplo de receita que será introduzida no sistema MES.

4.1.5 Controlo de qualidade e conceito de “flag’s barreira”

Em todos os quiosques que serão instalados terá de existir a possibilidade de associar a recolha de uma amostra a um determinado lote. A amostra deverá ser registada em quiosque com a indicação da categoria de controlo. Existem três categorias:

- Controlo laboratorial;
- Controlo de processo efetuado por operadores ou analistas (CEP);
- Controlo aos processos e produtos pela Engenharia do produto/processo.

De seguida o sistema deverá gerar uma etiqueta de amostra com identificação da produção, com a associação do utilizador que recolheu a amostra, data e hora. As variáveis a controlar em cada operação serão explicitadas nos subcapítulos seguintes. Após a realização das análises laboratoriais, a introdução de dados no MES deverá ser expedita (através da picagem da etiqueta), disponibilizando os parâmetros a preencher pelo analista. O laboratório deverá

ter uma secção própria onde seja possível filtrar as amostragens recolhidas pelos seguintes critérios:

- Estado (em inspeção, aprovado ou rejeitado);
- Parâmetros que faltam preencher;
- Produto/artigo.

Ao nível de controlo estatístico do processo, o sistema MES deverá construir as cartas de controlo mais usuais, para atributos e variáveis. Associadas a estas deverão estar disponíveis:

- Limites de especificação;
- Plano de amostragem;
- Estatísticas descritivas para análise do processo produtivo: média, mediana, desvio-padrão e amplitude;
- Principais índices de capacidade: C_p , C_{pk} , C_{pm} , C_{pkm} .

O conceito de “*flag's* barreira” está associado às variáveis de produto a controlar e a cada operação. Nos casos em que uma *flag* esteja ativada, para a operação ou para algum parâmetro de controlo de qualidade, a operação seguinte apenas aceitará os *inputs* de produto se estes já tiverem sido aprovados ou derogados. Assim, as condições para aceitar *inputs* de produto estarão relacionadas com a ativação ou não da *flag* barreira. Por exemplo, as variáveis de produto críticas como a humidade ou a densidade serão em quase todas as operações marcadas com *flag* barreira dado que a produção não pode seguir sem estas estarem aprovadas pelo laboratório. As variáveis que não possuam a *flag* são também controladas. No entanto a produção poderá avançar sem a aprovação do laboratório uma vez que o controlo feito serve apenas para registo.

No MES deverá ser possível a edição do estado de operação barreira, para que o sistema se adapte ao processo produtivo e consequentemente às decisões da Direção Industrial. Assim, uma variável de produto ou uma operação podem ser barreira em determinado período e num certo momento deixar de o ser.

4.1.6 Análise de dados

Para cada uma das operações o MES irá gerar e analisar três categorias: indicadores de performance, relatórios de produção e relatórios de processo. As variáveis a analisar são definidas nos próximos subcapítulos. Um dos indicadores que deverá haver por seção e estar visível na consola do MES é o ID em produção, bem como o estado de cada máquina (se está ocupada, parada, avariada ou em manutenção). Nas operações e armazéns que possuam posições deverá ser possível obter a informação da quantidade de cada lote ou determinado produto por posição.

No sistema MES deverá existir um relatório de rastreabilidade a fim de analisar o percurso de cada número de lote através das “árvores invertidas”, para que a consulta de operações às quais o produto foi submetido seja expedita. Nesta análise também deverá ser possível obter quais os números de lote sucessores e quais os seus resultados no controlo de qualidade. O sistema deverá disponibilizar um relatório em que seja possível analisar em conjunto os antecessores e sucessores de determinado número de lote consoante as operações a que foi submetido. Desta forma será eliminado o problema atual da extensa pesquisa que é necessário fazer sempre que existe uma reclamação de cliente.

Nos relatórios deverá ser possível filtrar as análises sempre que o utilizador pretender, de acordo com os seguintes critérios:

- Agrupamento de máquinas (linhas de máquinas; tipos de máquinas, etc.);
- Unidade temporal (turno, dia, mês, ano);

- Produto/artigo (calibre, classe, acabamento, etc.).

Deverá existir a possibilidade de exportar estes relatórios para o *Microsoft Excel*.

4.1.7 Avarias e paragens de máquina

Relativamente às avarias e paragens de máquinas é necessário registar no MES as possíveis causas. As avarias são dependentes da máquina pelo que o levantamento das causas será feito apenas no momento da implementação. Para a descrição das paragens será usado um conjunto de descrições semelhante ao que atualmente se utiliza na unidade industrial “Equipar”. As descrições são as seguintes:

- | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1.Limpeza/ Despoeiramento; | 2. Afinação; | 3. Avaria; |
| 4.Manutenção Planeada; | 5. Mudança Produto/Calibre; | 6. Falta Silo/ Cesto; |
| 7.Falta Corpos Rolhas; | 8. Falta Granulado; | 9. Qualidade; |
| 10.Logística/ Planeamento; | 11. Diversos. | |

O sistema MES tem de incluir a possibilidade de os operadores efetuarem os registos manualmente.

4.1.8 Material de embalagem

Na trituração e na embalagem é necessário utilizar material como *big bag's*, sacos e caixas. O sistema MES terá de registar as quantidades destes materiais que são utilizadas. Este material será identificado pelo ID, o código de fornecedor e a data de receção. Sempre que haja movimentação para uma operação, estes serão dados a consumo. Desta forma, quando um lote de material de embalagem for picado para consumo numa determinada operação, assume-se que toda a produção da operação será embalada nesse lote. O lote de embalagem apenas mudará quando um novo voltar a ser picado.

4.1.9 Níveis de autorização

O MES deverá disponibilizar informação em função do nível de autorização do utilizador. Assim, é necessário definir as hierarquias para os níveis de autorização no que diz respeito a leitura, edição e registo de relatórios de produção e de processo, variáveis de máquina, etc. Uma vez que o sistema ainda não está construído apenas foram distinguidos os níveis. No momento da implementação serão atribuídas as autorizações a cada nível. Os níveis são os seguintes:

- Nível 1 – operadores de fábrica;
- Nível 2 – responsáveis de secção da fábrica;
- Nível 3 – pessoal do laboratório e responsáveis pelo planeamento;
- Nível 4 – Direção Industrial e Direção de Qualidade.

A permissão e autorização aumenta consoante o aumento de nível.

4.2 Requisitos por operação

A partir deste ponto da dissertação, será apresentado os requisitos particulares a cada operação. Esta parte é acompanhado pelas Figuras presentes no Anexo B. A informação existente nestas figuras tem em conta o facto de as operações existirem em várias unidades industriais, pelo que podem conter informação que não se aplique na unidade industrial “De Sousa”, por não existirem determinadas máquinas ou produtos. Nestas imagens mostra-se aquilo que será da responsabilidade do MES e do laboratório.

4.2.1 Trituração

Os *inputs* de produto à entrada do moinho MDT (fase inicial da operação) são os vários tipos de apara: broca, refugo (que inclui refugo, especial, barrigas e grossa), triturados, granulados e reprocessamento. Interessa referir que os granulados existem ocasionalmente e são de compra, sendo diretamente introduzidos nos *Rotex* 1 e 2 e não no MDT. Quanto ao reprocessamento, este resulta do facto de, por vezes, existir granulado no final de toda a trituração que esteja com calibre fora das especificações. Esse granulado volta a entrar no processo sob a forma de reprocessamento, entrando diretamente nos *Rotex* 1 e 2.

Para identificar os *inputs* é necessário saber o ID, em que a quantidade corresponde ao peso bruto, e a humidade.

Para que os *inputs* entrem no processo é necessário a aprovação do laboratório, mas apenas no caso de esses inputs provirem de fornecedores externos à empresa. Caso contrário, o MES não fará o controlo dos *inputs*. As variáveis a validar no laboratório são referidas no final do subcapítulo.

Os *inputs* referidos podem originar vários outputs. Estes outputs distinguem-se fundamentalmente pela dimensão do granulado. Assim, como outputs desta operação temos: granulado dos tipos RCT (3 a 7), RN (1 a 2), AD (1 a 2), ADT (1 a 2), AD (0.5 a 1), ADT (0.5 a 1), BD (0.5 a 1) e MD (0.5 a 1). Os valores mencionados são o calibre do granulado, medido em milímetros. Para além destes granulados existem o pó e as terras como outputs.

Para identificar o granulado, o MES necessita registar o ID, em que a quantidade é o peso bruto, e a humidade. Das terras é necessário saber o ID. Quanto ao pó apenas interessa a quantidade.

Nos casos em que o granulado é embalado existe controlo final do produto. Se se tratar de granulado *Premium* (tipo especial de granulado), existe também controlo independentemente do destino do produto.

Depois desta operação o granulado poderá ser embalado ou seguir diretamente para os silos de estabilização da fábrica. Desta forma, é redefinido o número de lote, pois são combinados vários lotes. No caso do granulado que segue para sacos, um lote corresponde a cerca de 25 sacos. No caso dos silos, um lote corresponde à produção de um dia.

Como já foi mencionado no capítulo anterior, o controlo das quantidades de *inputs* e de *outputs* faz-se através de balanças. Estas fazem o controlo tanto da matéria-prima como do produto intermédio e final. Todas estas balanças estão ligadas ao sistema informático existente neste momento na Trituração, com exceção da JCB e da balança de *big bag's*. Assim, quando o MES for instalado será necessário não só ligar as duas balanças referidas ao sistema atual como conectar o MES a esse sistema. Para além disso, será instalada uma nova balança que faz o controlo do pó, que hoje em dia é assumido como sendo a diferença entre *inputs* e *outputs*. Detalhando a informação, o que se pretende que o MES contemple nesta operação é:

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar pelo operador: massa volúmica aparente, humidade e granulometria. Os registos são feitos no sistema atual e passarão a ser feitos em MES, no computador já existente na secção;
- Variáveis do produto a controlar pelo laboratório: TCA;
- Condições para aceitar *inputs*: aprovação do laboratório (no caso de fornecedores externos);
- Condição para disponibilizar output: aprovação do granulado embalado ou *Premium*.

Monitorização do Processo

- Variável do processo a controlar: consumo energético dos vários moinhos (já existem os contadores mas sem ligação ao sistema);
- Variáveis de máquina:
 - MDT: diâmetro dos furos do crivo;
 - Peneiro: dimensões das redes (n combinações de redes com n dimensões);
 - *Rotex*: dimensões das redes (n combinações de redes com n dimensões);
 - Restantes moinhos: tamanho dos crivos, frequência de mudança das facas, velocidade, retornos dos *Rotex* e retorno das mesas densimétricas;
 - Tapete sem fim: frequência (Hz);
 - Secador: temperatura;
- Destino output: *big bag's* ou 1 silo de granulado do tipo RN e 1 silo a granel.

Análise de Dados

- KPI's: OEE por unidade temporal, calculado pelo rácio entre o tempo de ciclo teórico multiplicado pelo número de peças produzidas aprovadas, e o tempo disponível;
- Relatórios de produção: rendimento total, rendimento a bons, consumo energético, quantidades produzidas e consumo de matéria-prima por unidade temporal, por variável de processos e por tipo de granulado;
- Relatórios de processo: relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

Para interface com o sistema MES será instalado um quiosque com consola onde será feita a monitorização da produção assim como o registo de recolha de amostras. Será também instalado um painel LCD na secção da trituração que ilustre as variáveis de máquina, indicadores de performance e a produção em cada instante. O esquema resumo desta operação está na Figura 1 do Anexo B.

4.2.2 Sistema de tratamento e secagem do granulado (ROSA®)

Como já foi referido, este sistema já possui MES. No entanto será reanalisado, em conjunto com o secador rotativo. As conclusões são as que se apresentam de seguida.

Tanto o *input* como o *output* da operação é o granulado do tipo RN. Para o identificar é necessário o MES registar o seu ID e o número de encomenda de cliente (quando já está especificado). Este número de cliente é importante para a identificação de metodologias e controlo de qualidade específicos de cada um. As quantidades, tanto de *inputs* como de *outputs* são controladas pelas balanças existentes à entrada e saída da operação. Desta forma, é necessário que o MES extraia a informação dessas balanças.

Da restante análise resultou:

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo: humidade (à saída do secador). Neste momento o registo é manual e passará a ser feito em MES;
- Variáveis do produto a controlar em laboratório: humidade, massa volúmica aparente, TCA e granulometria;
- Condições para aceitar *inputs*: aprovação ou derrogação do laboratório quando se trata de granulados proveniente de fornecedores externos;
- Condição para disponibilizar output: aprovação no caso de granulado para venda.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 3 grupos atualmente e 1 secador. No futuro, 4 grupos;
- Variáveis de máquina:
 - ROSA®: número de grupo, temperaturas de entrada e saída no tubo de granulado, temperatura do vapor, caudais (granulado e vapor), pressão do vapor, velocidade do tratamento e rácio objetivo $\left(\frac{\text{kg vapor}}{\text{kg granulado}}\right)$;
 - Secador: número de máquina, velocidade e temperatura;
 - Micro-ondas: número de máquina, velocidade, número magnetrões, potência e temperatura;
- Proveniência do *input*: 2 Silos (1 com granulado da trituração e 1 com granulado do armazém);
- Destino output: 5 Silos de estabilização, dos quais 4 abastecem a moldação e 1 abastece a extrusão.

Análise de Dados

- KPI's: OEE da secção, por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: rácio $\left(\frac{\text{kg vapor}}{\text{kg granulado}}\right)$, produções, consumos por máquina, por grupo de ROSA e por unidade temporal; *stock* por grupo de ROSA® e por unidade temporal;
- Relatórios de processo: relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

Esta secção possui duas consolas. Uma delas controla as balanças que abastecem o ROSA® e a outra controla tanto o ROSA® como o secador rotativo. Será necessário instalar um quiosque. O esquema resumo desta operação é ilustrado na Figura 2 do Anexo B.

4.2.3 Moldação

Esta operação já possui sistema MES. Será analisada incluindo a estabilização dos corpos que se segue ao processo. Os *inputs* são: granulado do tipo RN, produtos químicos (cola, óleo parafínico e latex) e água. Sobre o granulado importa saber o ID. Dos produtos químicos é necessária apenas a informação do número de lote e a quantidade. Quanto à quantidade de água a introduzir na operação é adaptável consoante a humidade do granulado.

A receita e o tempo de mistura são predefinidos e controlados pelo autómato. O MES necessita de contemplar essa informação e conectar ao autómato. Os *outputs* de produto são os corpos, dos quais é necessário saber o ID e o número da máquina. No caso de ser subproduto regista-se apenas o ID.

Depois da operação os corpos vão para a zona de estabilização, sendo que esta é uma operação barreira pois os corpos não podem avançar sem estabilizar. O tempo de estabilização é de 48 horas mas o MES deve permitir alterações a esse valor.

Quanto à restante informação:

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo (antes da estabilização): dimensões, massa, massa volúmica aparente, humidade, impermeabilidade, absorção, torção e bomba hidrostática;
- Variáveis do produto a controlar no laboratório (depois da estabilização): dimensões, massa, massa volúmica aparente, humidade, impermeabilidade, absorção, torção e bomba hidrostática;

- Condições para aceitar *inputs*: validade dos produtos químicos e humidade do granulado aprovado;
- Condição para disponibilizar *output*: estabilização de 48 horas (parametrizável em MES).

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 9, mas previsível adição de mais uma moldadora no futuro. Cada moldadora possui um misturador associado;
- Variáveis de máquina: número de máquina, receita, temperatura dos fornos (frio e quente), temperatura média dos tabuleiros, correção de humidade, tempo de ciclo, tempo de mistura, caudal de ventiladores, características da máquina (calibre, moldes e casquilhos);
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Atualmente o lote de corpos final é identificado pelo nº da moldadora e o dia de produção (exemplo: M1-24/06/16). Para além do lote, a placa identificativa de cada cesto indica o calibre de corpos produzidos e o turno.

Análise de Dados

- KPI's: OEE por máquina, por grupo de máquina, por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade produzida por máquina e por unidade temporal; número de tabuleiros vazios por máquina e por unidade temporal; consumo de granulado e produtos químicos por mil corpos produzidos;
- Relatórios de processo: relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

As quantidades de *inputs* são controladas a partir das balanças dos misturadores que conectam com o MES.

Cada moldadora já possui uma consola MES. O controlo das quantidades produzidas é feito a partir do número de tabuleiros. No entanto, se uma máquina não possuir granulado (por qualquer razão) a contagem é feita na mesma. Assim, será necessário instalar um alarme em cada moldadora para prevenir essa situação. Existe também necessidade de instalar desviadores que distribuam as rolhas pelos cestos à saída do processo, facilitando o trabalho do operador.

Concluindo, nesta operação terá de ser instalado um quiosque, abrangente a todas as moldadoras. Cada moldadora terá uma pistola de leitura de códigos de barras associada. Para além disso, serão associados dois lados a cada moldadora (A e B) onde a cada lado vão sendo alocados os contentores e funcionarão de forma alternada com o auxílio dos desviadores. O esquema resumo desta operação está na Figura 3 do Anexo B.

4.2.4 Extrusão e corte

A análise ao processo de extrusão tem também em conta a estabilização das rolhas que se segue. Os *inputs* do produto são: granulado do tipo RN, produtos químicos (cola, óleo parafínico e latex) e água. Sobre o granulado importa saber o ID. Dos produtos químicos é necessário a informação do número de lote e a quantidade. Da água apenas interessa a quantidade, que é função da humidade, tal como acontece na moldação.

O autómato do misturador faz o controlo da receita e do tempo de mistura, pelo que o MES estará conectado a este.

Os *outputs* de produto saem depois do corte sobre a forma de rolhas, das quais é necessário saber o ID e o número da máquina (que inclui o lado de saída). No caso do subproduto regista-se apenas o ID.

Tal como na moldação, depois da operação os corpos vão para a zona de estabilização, sendo esta uma operação barreira.

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo: impermeabilidade;
- Variáveis do produto a controlar no laboratório: dimensões, massa, massa volúmica aparente, humidade, absorção, torção e bomba hidrostática;
- Condições para aceitar *inputs*: validade dos produtos químicos e humidade do granulado aprovado;
- Condições para disponibilizar output: estabilização de 48 horas.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 8 extrusoras com dois lados cada (A e B) e 16 mesas de corte;
- Variáveis de máquina: número de máquina, receita, tempo de mistura, temperatura e velocidade de extrusão, comprimento de corte, características da extrusora, comprimento e diâmetro dos tubos, diâmetro dos êmbolos;
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Atualmente o lote de rolhas final é identificado pelo nº da extrusora, a semana e o ano de produção, o número do contentor e o lado da extrusora (exemplo: E2/S18/16-8/A). Para além do lote, a placa identificativa de cada cesto indica o calibre, o dia e hora de início do contentor e o dia e hora de fim do contentor.

Análise de Dados

- KPI's: OEE da Secção, por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade produzida por máquina, por grupo de máquinas e por unidade temporal; quantidade de granulado e produtos químicos consumidos por milheiro, por máquina, por grupo de máquinas e por unidade temporal; centímetros de bastão corridos por minuto;
- Relatórios de processo: relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

Como já foi referido no capítulo 3, a aferição de quantidades produzidas na extrusão é pouco precisa. Para aperfeiçoar a precisão do que se produz em cada extrusora serão instalados contadores e desviadores nas mesas de corte.

Será necessário instalar um autómato em cada mesa de corte, com a respetiva consola. Para além disso irá existir um quiosque, uma pistola e uma impressora de etiquetas. O esquema resumo desta operação é retratado na Figura 4 do Anexo B.

4.2.5 Pesagem

Nesta operação o *input* de produto é rolha ou corpo, do qual é necessário saber o ID e o número de encomenda de cliente/SS (quando já estiver atribuído). Quanto aos *outputs* do produto estes serão: rolha ou corpo OK, rolha ou corpo leve e rolha ou corpo pesado, sendo que atualmente não existe distinção do código de produto/artigo para estes três. Desta forma, na altura da implementação será necessário avaliar como distinguir estes três produtos/artigos em sistema MES. A identificação do *output* de produto será semelhante à de *input*. Em MES deverá ser possível agrupar os *outputs* de produto por rolha/corpo OK e rolha/corpo leve mais rolha/corpo pesada, que é o que sucede atualmente.

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo: massa;
- Variáveis do produto a controlar no laboratório: dimensões, massa e massa volúmica aparente;

- Outputs do processo a registar: média de peso de cada balança e desvios;
- Condições para aceitar *inputs*: estabilização de 48 horas.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 3 balanças. Possível incremento de uma balança no futuro;
- Variáveis de máquina: número da balança, programa (limites de peso aceitáveis e não aceitáveis);
- Proveniência do *input*: cestos da extrusão (rolhas *Neutrotop*®) ou qualquer operação (rolhas *Neutrocork*®).
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. À placa identificativa dos cestos apenas se acrescenta que estes foram pesados.

Análise de Dados

- KPI's: OEE por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade OK, leve e pesada por número de lote, por número de encomenda de cliente/SS, por programa e por unidade temporal; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal, por número de encomenda de cliente/SS, por programa e por número de lote;
- Relatórios de processo: evolução dos outputs de processo por máquina e unidade temporal. Relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

Atualmente, cada uma das balanças possui uma consola que regista a informação do número de rolhas que passam no tapete, a quantidade de rolhas leves e a quantidade de rolhas pesadas. O sistema MES estará ligado a estas consolas. Para prevenir uma futura situação em que se pretenda distinguir rolhas leves de rolhas pesadas, é necessário incluir mais uma saída em cada máquina, pois neste momento apenas existem duas. Na secção da pesagem será necessário instalar um quiosque, uma pistola de códigos de barras e uma impressora. O esquema resumo desta operação encontra-se na Figura 5 do Anexo B.

4.2.6 Estabilização do granulado e dos corpos ou rolhas

No que diz respeito a tempos de estabilização será necessário parametrizar expeditamente em MES o período que se pretende imobilizar o produto. Este tempo é de 48 horas (atualmente), tanto para o granulado como para os corpos ou rolhas. Assim, o produto só avançará para a operação seguinte quando este tempo for cumprido. Nestas situações deverá ser possível cronometrar em MES o período de espera até que o produto fique disponível, bem como o conteúdo, caso se trate de granulado (que estabiliza em silos).

Em particular para o caso dos corpos ou rolhas, que estabilizam em cestos, a zona de estabilização será mapeada. Assim, quando determinado cesto for estabilizar, será alocado a uma posição concreta naquela zona para que se evitem perdas de tempo quando o operador procura determinado cesto. O momento (dia e hora) em que o cesto é alocado a essa posição fica registado e essa produção apenas poderá entrar na operação seguinte caso tenham passado as 48 horas definidas. Caso contrário, o MES dará um alarme e não deixa fazer a alocação a outra operação. O mapa da zona de estabilização é apresentado na figura 1 do anexo C.

4.2.7 Acabamentos mecânicos

Nesta operação o *input* de produto pode ser rolha, corpo ou bastão. É necessário saber o ID e o número de encomenda de cliente/SS.

Como já foi referido, nesta operação podem-se fazer diferentes tipos de acabamento: polir, topejar e chanfrar. Estes acabamentos encontram-se em linha ou como operação

independente, sendo necessário prever essa situação em MES, isto é, listar as várias combinações possíveis.

Os *outputs* de produto são: rolha ou corpo e subproduto. Do primeiro é necessário saber o ID e o número de encomenda de cliente/SS. Do segundo apenas é necessário conhecer o ID.

Detalhando a operação:

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo: dimensões (comprimento e diâmetro);
- Variáveis do produto a controlar no laboratório: dimensões, aspeto visual, massa, massa volúmica aparente, humidade, absorção, vedação, torção, força compressão e taxa de recuperação;
- Condições para aceitar *input*: estabilização 48 horas.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 16 linhas de polir, topear e chanfrar;
- Variáveis de máquina: número máquina, velocidade, conjunto de operações efetuadas, número de canos, dimensão, corte;
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Atualmente o lote de rolhas final é identificado pelo nº de lote proveniente da moldação. Na placa identificativa é adicionada a informação do calibre para o qual se retificou (pode ser diferente do inicial), da data e da linha de produção.

Análise de Dados

- KPI's: OEE da Secção, por máquina, por grupo de máquina, por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade produzida por máquina, por produto/artigo e por número de lote; número de passagens do número de lote por unidade temporal; percentagem de reprocessamentos por unidade temporal; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal e por número de lote.

As 16 linhas existentes estão divididas em duas secções. Uma delas abrange as linhas 1 até à 7. A outra inclui as restantes. Cada uma delas possui um autómato onde o operador faz a alocação do cesto à linha onde irão ser retificados os corpos. Assim, deverão ser instaladas duas consolas, ligadas aos dois autómatos, que farão o controlo de cada secção. Para além disso, será necessário existir dois quiosques (um para cada secção) com uma pistola de códigos de barras cada. Será também instalado um calção com desviador, em cada linha, para que a cadência de produção seja garantida, impedindo as máquinas de parar quando os cestos estão completos.

Em cada uma das linhas, apenas a máquina de chanfrar possui contadores, que não estão ligados a nenhum sistema. No entanto e como já foi referido nesta dissertação, por vezes é feito só um tipo de acabamento. Assim, é necessário não só instalar contadores em todas as máquinas como conectar ao sistema MES, para registar as quantidades produzidas. O esquema resumo desta operação está na Figura 6 do Anexo B.

4.2.8 Lavação

Na operação de lavação os *inputs* são as rolhas *Neutrocork®*, os produtos químicos (LC92S, LC85, peróxido de hidrogénio e *Lowcork* LT50D) e água. Para identificar as rolhas o MES deve registar o ID. No caso dos produtos químicos regista o número de lote e a quantidade. Quanto à água apenas é necessário saber a quantidade. O output são as rolhas lavadas, identificadas pelo ID. As quantidades de produtos químicos são controladas pelas balanças existentes antes dos tambores de lavação. Quanto à restante informação:

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar no processo: humidade (antes da lavagem) e cor (depois da lavagem);
- Variáveis do produto a controlar no laboratório: humidade (realizado antes e após lavagem sendo que o resultado condiciona o programa de lavagem a utilizar), aspeto visual, peróxidos, capilaridade, TCA;
- Condições para aceitar *inputs*: validade dos produtos químicos.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 3 tambores de lavagem;
- Variáveis do processo a controlar: humidade relativa e temperatura ambiente;
- Variáveis de máquina: número de máquina, receita (aplicada em função do calibre, classe, quantidade e humidade das rolhas), tempos de ciclo, temperatura dos tambores, caudalímetros/balanças e velocidades de rotação (reação, centrifugação e secagem).
- Tipos de lavagem: denominadas *Clear*, *Clean 0* e *Clean 2000*;
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Atualmente o lote de rolhas final é identificado pelo nº de lote proveniente da moldação. Na placa identificativa consta a informação proveniente dos acabamentos mecânicos e a informação do dia da lavagem, do tambor utilizado e do tipo de lavagem.

Análise de Dados

- KPI's: OEE da Secção, por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade produzida e percentagem de reprocessamento por máquina, por produto/artigo, por número de lote, por tipo de operação e por unidade temporal; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal e por número de lote;
- Relatórios de processo: relação entre as variáveis de produto, de máquina e de processo por máquina, por programa, por produto/artigo, por classe, por calibre e por unidade temporal.

Existe um autómato no local para alocar os contentores de rolhas ao tambor em que se vai lavar. Cada tambor de lavagem possui uma consola. Tanto as consolas como o autómato serão ligados ao sistema MES. Será necessário instalar um quiosque na zona da lavagem com uma pistola e uma impressora. Este quiosque servirá também para a operação seguinte, a estufa. O controlo de quantidades será feito a partir de contadores, que também serão instalados. O esquema resumo desta operação está ilustrado na Figura 7 do Anexo B.

4.2.9 Estufa de secagem/humidificação

A operação de secagem ou humidificação é realizada em máquina. Nesta operação será considerado que o consumo é igual à produção. O *input* e *output* do produto são rolhas identificadas pelo ID. Para evitar as misturas de calibres nesta operação, referidas no capítulo 3, ficou definido que o MES deveria despoletar um alerta para que se cumpra o tempo de espera entre cada consumo (este tempo deverá ser parametrizável). Apenas é necessário este alerta quando se verificarem mudanças de calibre.

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar: humidade e aspeto visual.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 2 estufas;
- Variáveis de máquina: tempo de ciclo, temperatura, velocidade do tapete, humidade, altura de manto, caudal de extração e número máquina;

- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Apenas se acrescenta a data de secagem à identificação do contentor.

Análise de Dados

- KPI's: OEE por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade produzida por máquina, por número de programa, por tipo de programa, por unidade temporal; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal e por número de lote;
- Relatórios de processo: evolução da humidade, relação entre as variáveis de produto e de máquina por unidade temporal.

Cada estufa possui um autómato onde se manipulam as variáveis de máquina. Dado que se considera que o consumo é igual à produção não existe necessidade de contadores. O quiosque da estufa será o mesmo da lavação. No entanto, serão instaladas duas pistolas de leitura de códigos de barras, sendo que uma fica à entrada e outra à saída da estufa. Também existe a necessidade de instalar um alarme que avise o operador que um novo cesto pode ser alocado à estufa sempre que o anterior esteja totalmente vazio. O esquema resumo desta operação apresenta-se Figura 8 do Anexo B.

4.2.10 Escolha eletrónica/manual

A operação de escolha pode ser feita por máquina (escolha eletrónica) ou por um operador (escolha manual). Uma vez que o modo como é feita a escolha não conduz à definição de requisitos de operação diferentes, os dois métodos foram analisados em conjunto.

Ao contrário do que se passa nas outras unidades onde existe esta operação, na unidade industrial “De Sousa” a escolha apenas separa produto defeituoso de produto não defeituoso. Desta forma, os *inputs* desta operação são as rolas e os *outputs* são produto/artigo e subproduto. Os consumos e produções são contabilizados tantas vezes quantas as escolhas que se fizer. À semelhança das outras operações, os *inputs* e *outputs* de produto da escolha são caracterizados pelo ID ao qual se acrescenta o número de encomenda de cliente/SS e número de máquina. É necessário acrescentar ainda o número de escolha. Este tem como objetivo distinguir os reprocessamentos. O sistema MES deve anular consumos e produções repetidos para que o registo apenas fique efetuado uma vez.

Controlo do processo

- Variáveis do produto a controlar no laboratório: dimensões, humidade, massa volumica aparente, peróxido, capilaridade, classe visual, aspeto visual, TCA e absorção.

Monitorização do processo

- Número de máquinas: 15 máquinas eletrónicas e 2 tapetes de escolha manual;
- Variáveis de máquina: número da máquina/tapete, programa de escolha e velocidade dos tapetes;
- Destino output: os corpos são descarregados para cestos. Dado que existe separação de rolas neste processo assim como reprocessamentos, existem dois tipos de identificação. Nas rolas que não apresentam defeitos a identificação das placas mantém-se. Nos contentores de rolas com defeitos coloca-se a descrição “Defeitos *Neutrocork®*”.

Análise de dados

- KPI's: OEE da secção, por máquina, por grupo de máquina, por unidade temporal; desvio de qualidade por máquina, por produto/artigo, por fornecedor, por número de lote e por unidade temporal;

- Relatórios de produção: quantidade produzida e rendimento por máquina, por Produto/Artigo, por fornecedor, por número de lote e por unidade temporal; percentagem de reproprocessamento por produto/artigo, por número de lote e por unidade temporal; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal e por número de lote.

Tal como nos acabamentos, também nesta operação existem duas secções de máquinas. Cada uma delas possui um autómato através do qual o operador faz a alocação dos cestos. Uma das secções inclui as máquinas 1,2,3,4,5,6,12 e 13. As restantes (7,8,9,10,11,14,15 e os tapetes manuais) pertencem à outra secção. Cada máquina eletrónica possui uma pequena consola com monitor onde são contabilizadas as rolhas com defeito e sem defeito. O MES irá extrair toda essa informação.

Será instalado um quiosque que abrange toda a zona da escolha, assim como duas pistolas (uma à entrada e outra à saída da operação) e uma impressora. Para possibilitar uma visão geral de toda a secção da escolha será instalado um painel LCD. Este painel ilustrará indicadores de performance, produções e variáveis de máquina. O esquema resumo desta operação está na Figura 9 do Anexo B.

4.2.11 Embalagem/Ensaque

Na última operação antes da expedição os *inputs* são as rolhas, das quais é necessário saber o ID. Para além das rolhas, existe material subsidiário, como sacos e caixas de cartão, identificados pelo número de lote e quantidade.

Como *output* do produto obtêm-se: produto embalado, sobras (excesso de produção por restrição do processo produtivo) e subproduto (rolha com metal), onde deverá existir a identificação do ID e o número de encomenda de cliente/SS.

Em cada *output* da embalagem (exceto o desperdício), quer seja associado a uma encomenda quer seja sobra, deverá ser gerada uma etiqueta de código de barras. Desta forma garante-se que todos os outputs desta operação ficam devidamente identificados. Assim, quando se trata de etiqueta associada a encomenda esta incluirá a informação ID e número de encomenda de cliente/SS, senão terá apenas o ID.

Controlo de Qualidade

- Variáveis do produto a controlar: dimensões, TCA, massa volúmica aparente, peróxidos, humidade, classe visual, força de extração, torção, vedação e oxidantes;
- Condição para aceitar *input*: corpos *Neutrotop®* OK, humidade corpos *Neutrocork®* OK.

Monitorização do Processo

- Número de máquinas: 2 máquinas de embalar e 2 Robôs (um deles em instalação);

Análise de Dados

- KPI's: OEE da secção, por máquina, por grupo de máquina e por unidade temporal;
- Relatórios de produção: quantidade embalada por unidade temporal, por máquina, por número de encomenda de cliente/SS, por produto/artigo e por fator de embalagem; *stock* por produto/artigo, por unidade temporal, por número de encomenda de cliente/SS.

Na embalagem é necessário instalar apenas um quiosque. Relativamente a pistolas de código de barras, são necessárias uma por linha. Ou seja, cada linha de embalagem em sacos possuirá uma, assim como cada robot (de momento apenas existe um mas irá existir outro no futuro). Cada linha deve possuir também uma impressora de etiquetas. O esquema resumo desta operação está na Figura 10 do Anexo B.

5 Conclusões do projeto

O objeto de estudo desta dissertação envolveu a projeção de um Sistema de Execução da Produção numa unidade industrial de fabrico de rolhas técnicas, conhecida como “De Sousa”. O resultado final do projeto foi o levantamento de requisitos por operação. Foi criado um documento deste tipo para todas as fábricas, na tentativa de as uniformizar, fazendo também referência aos principais problemas e operações que nelas existem.

A principal contribuição deste projeto para a empresa diz respeito à parte apresentada no quarto capítulo. Apesar de ser apenas um levantamento de requisitos, é uma fase muito importante pois constitui a base para todo o Projeto MES. Sem este trabalho inicial não será possível partir para a implementação, pois existem várias questões que precisam de ficar inicialmente bem definidas. Podemos chamar esta fase como a “Fase 0” dado que em termos práticos apenas servirá de auxílio para quando o projeto de implementação começar.

Em termos de aprendizagem pessoal, este trabalho permitiu desenvolver capacidades ao nível da análise de processos e operações, da escolha e seleção da informação útil, da gestão de projetos, do trabalho em equipa e da comunicação. Apesar de não ser um projeto que envolva a resolução concreta de um problema, é um trabalho motivador dado que gira à volta de um projeto muito ambicioso e importante para toda a empresa. Para além disso, esta experiência foi enriquecedora pois possibilitou o conhecimento de realidades diferentes dentro da mesma empresa, considerando a transversalidade exigida.

5.1 Possível solução para os problemas atuais

Ao longo do terceiro capítulo fez-se a identificação e análise dos problemas atualmente existentes associados ao cão de fábrica da unidade industrial “De Sousa”. A forma como estes podem ser resolvidos foi também aí discutida e completada no quarto capítulo. Para terminar, resume-se e conclui-se de seguida a forma como se espera que o sistema MES atue sobre todos os problemas identificados.

A primeira questão relatada no terceiro capítulo foi a grande quantidade de sistemas informáticos existentes na unidade industrial. Com a futura implementação do sistema MES pretende-se que essa quantidade seja reduzida substancialmente. O ERP será substituído, sendo que obviamente continuará a existir pois é o sistema mais completo, que abrange praticamente todas as áreas. No entanto, cria-se a oportunidade de eliminar o sistema onde se faz o planeamento. Este planeamento passará a ser feito em MES, pois é uma das suas principais funcionalidades. Para além disso, será suprimido o sistema de registo do controlo de processo. Em aberto fica a possibilidade de continuar ou não com o sistema de controlo laboratorial. Isto porque o MES que existe atualmente tem ligação direta para esse sistema, nas operações de moldação e tratamento de granulado. No momento da implementação, será decidido se será o MES a tratar diretamente da informação registada em controlo laboratorial ou se este irá aceder a essa informação através da ligação direta ao sistema que existe atualmente. O MES fica assim responsável por tratar de praticamente toda a informação

associada ao chão de fábrica, reduzindo a complexidade no cruzamento e tratamento dessa mesma informação.

Os registos manuais passarão a ser reduzidos e feitos apenas em circunstâncias especiais. A informação fica automaticamente guardada no sistema, sendo possível a qualquer pessoa aceder à mesma, desde que possua autorização. Também em termos de interpretação, a informação torna-se consideravelmente mais clara.

Com a implementação do sistema MES poderá também ser possível, através de um computador, ter uma visão geral sobre toda a fábrica. Será possível, no sistema, verificar os lotes já aprovados, os lotes que estão sob inspeção e o *stock* intermédio para cada operação, entre outras opções.

Também a transmissão de informação entre os operadores poderá ser facilitada. No início de cada turno, o operador apenas tem de verificar no sistema aquilo que terá de produzir, sem ser necessário a informação ser passada através de quadros. A comunicação entre o laboratório e a fábrica torna-se mais direta e expedita dado que a informação fica guardada no sistema e pode ser acedida em qualquer parte da fábrica.

Relativamente à rastreabilidade da produção, serão criadas as árvores de rastreabilidade. Desta forma, a extensa pesquisa feita atualmente, para ver o histórico de um lote, reduz-se a uma opção que fornece toda essa informação.

Com as infraestruturas associados ao sistema MES será possível fazer um balanço eficaz e correto das quantidades consumidas e produzidas em cada operação. Assim, deixarão de existir tantos problemas com o controlo de inventário no final do mês e ter-se-á a informação exata da produção em cada turno.

O sistema MES permitirá também fazer cumprir o critério FIFO. Quando um operador pretender transportar um cesto para uma operação, pode saber quando é que esse cesto foi produzido na operação anterior, através da picagem do código de barras do mesmo. Em condições ideais, o operador optará sempre por transportar o cesto que está em espera há mais tempo. Também os reprocessamentos passam a ser catalogados e não são contabilizados na produção diária, como se demonstrou no capítulo quatro.

Os KPI's definidos permitirá uma melhor análise de cada operação, feita pelo sistema MES, tornando-as mais eficientes. Através dos relatórios de processo, será possível identificar as oportunidades de melhoria.

Por último, o MES irá promover um controlo total das quantidades disponíveis nos recipientes de produtos químicos. Isto porque estará ligado aos autómatos das balanças, contabilizando todos os consumos. As avarias e paragens de máquinas também passarão a ser mais controladas pois o que se espera é que o sistema tenha capacidade para as identificar.

Quanto aos problemas particulares de cada operação, estes estão na maioria das vezes relacionados com aferição de quantidades, tempos de espera e catalogação de *inputs* e *outputs*. A sua resolução passará pela instalação das infraestruturas referidas, como alertas e contadores, e da catalogação de produtos, como foi visto ao longo do quarto capítulo.

Para além de terem sido apresentados os problemas e a forma de os resolver, o levantamento de requisitos permitiu também identificar e clarificar a informação que será introduzida no sistema MES. Assim, no momento da implementação, serão utilizados estes dados para introduzir na criação do sistema informático. Uma questão que também tem grande importância é a definição das variáveis de produto e de máquina a controlar em cada operação, que a partir de agora passam a estar bem definidas. No levantamento de requisitos apresentou-se também o conceito de *flag* barreira que irá possibilitar um melhor controlo de qualidade dos produtos intermédios e finais.

5.2 Perspetivas de trabalho futuro

O que se espera depois da elaboração desta dissertação é que, aquando do momento de implementação, os responsáveis pela instalação do sistema na unidade industrial “De Sousa”, utilizem a informação que aqui consta para terem os dados necessários a incluir no sistema MES. Como foi referido num dos capítulos da dissertação, este foi um levantamento de requisitos ‘macro’. Mais próximo do momento de implementação será feito um novo levantamento de requisitos, de forma mais exaustiva em cada unidade industrial e em cada operação, para esclarecer os pontos que não ficaram clarificados até aqui.

Foi possível ao longo da dissertação verificar que o projeto de implementação de um sistema deste tipo é um processo muito complexo e moroso. Ficou também patente a importância de atribuir uma equipa dedicada exclusivamente ao projeto. Essa equipa deve ser constituída por membros afetos a cada uma das unidades industriais sobre a qual o projeto decorre (os chamados pivôs), para que na altura da implementação não existam erros de projeção difíceis de corrigir.

O primeiro passo para o Projeto MES ficou dado. A próxima etapa será a de começar a analisar pormenorizadamente e individualmente cada unidade industrial, de acordo com as pretensões da Direção.

Referências

- [1] Almada-Lobo, Francisco. 2015a. “MES em Portugal”. Computerworld. 23 de Março de 2015. Acedido a 14 de Maio de 2016. <http://www.computerworld.com.pt/2015/03/23/mes-em-portugal/>
- [2] Almada-Lobo, Francisco. 2015b. “The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)”. Journal of Innovation Management 3 (4): 16-21. Acedido a 15 de Maio de 2016. <http://hdl.handle.net/10216/81805>
- [3] Apics Dictionary. 2008. “Manufacturing execution system”. Em *Apics Dictionary*, APICS - The Association for Op. 12th edition.
- [4] Brandl, D. 2011. “Engineering and IT Insight: MES vs. ERP for manufacturing”. Acedido a 15 de Maio de 2016. <http://www.controleng.com/single-article/engineering-and-it-insight-mes-vs-erp-for-manufacturing/eb5246d1868eb31ef8b241a60d8290fc.html>
- [5] Brandl, D. 2008. “What is ISA-95? Industrial Best Practices of Manufacturing Information Technologies with ISA-95 Models”. Acedido a 15 de Maio de 2016. http://apsom.org/docs/T061_isa95-04.pdf
- [6] Business Dictionary. 2016. Acedido a 15 de Maio de 2016. <http://www.businessdictionary.com/definition/manufacturing-execution-system-MES.html>
- [7] Clausson, Fredrik. 2003. “MES in Pharmaceutical Industries - Focus Packaging”, Lunds Tekniska Högskola – Lunds Universitet.
- [8] Collier, N. 2012, “Manufacturing Execution Systems”. Acedido a 10 de Maio de 2016. <http://www.pharmpro.com/article/2012/07/manufacturing-execution-systems>
- [9] Elliott, Riley. 2013. “Manufacturing Execution System (MES) An Examination of Implementation Strategy”. Master of Science in Industrial Engineering. Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo
- [10] Franzosa, Rick, Simon Jacobson e Michael Dornan. 2015. Survey Analysis: Enterprise MES Approaches Drive Greater Life Cycle Value. Gartner Research. Acedido a 9 de Maio de 2016. <https://www.gartner.com/doc/2983421/survey-analysis-enterprise-mes-approaches>
- [11] Hakansson, B. 1997. MES Functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities. White Paper Number 2. MESA International, Pittsburgh, PA.
- [12] Hakansson, B. 1997. The Benefits of MES: A Report from the Field. White Paper Number 1. MESA International, Pittsburgh, PA.
- [13] Lenart, Anna. 2011. “ERP in the Cloud – Benefits and Challenges”. Em *Research in Systems Analysis and Design: Models and Methods*, 4^{ed}, Parte II, 39-50. Heidelberg: Springer

- [14] Manufacturing, Critical. 2013. “A brief history of Manufacturing Execution Systems”. Acedido a 9 de Maio de 2016.
<http://www.criticalmanufacturing.com/en/newsroom/blog/posts/blog/mes-history-59#>
- [15] Manufacturing, Critical 2013, “MES: When ERP is not enough”. Acedido a 15 de Maio de 2016.
<http://www.criticalmanufacturing.com/pt/newsroom/blog/posts/blog/mes-erp-35#>
- [16] McClellan, Michael. 2001 “Introduction to Manufacturing Execution Systems”, MES Conference & Exposition, MES Conference & Exposition, Baltimore, Maryland, 4 a 6 de Junho de 2001.
- [17] Meyer, Heiko, Franz Fuchs e Klaus Thiel. 2009. Manufacturing Execution Systems. Nova Iorque: McGraw Hill
- [18] Microsoft. 2016. “ERP systems and solutions”. Acedido a 15 de Maio de 2016.
<https://www.microsoft.com/en-us/dynamics/erp.aspx>
- [19] Rodrigues, Nortom. 2015. "3 benefícios de um Manufacturing Execution System (MES) na nuvem". PPI-Multitask (blog), 16 de Junho de 2016. Acedido a 16 de maio de 2016. <http://www.ppi-multitask.com.br/3-beneficios-de-um-manufacturing-execution-system-mes-na-nuvem>
- [20] Singleton, D. 2013. History of Manufacturing Software. Acedido a 15 de Maio de 2016. <http://blog.softwareadvice.com/articles/manufacturing/manufacturing-software-history-0113/>
- [21] Tröger, K. 2016. ERP/MES integration in the age of Industry 4.0. Acedido a 15 de Maio de 2016. <http://www.psipenta.de/en/media/trendthemen/industry-40-industrial-internet/erpmes-integration-in-the-age-of-industry-40/>
- [22] Schlaepfer, Ralf e Markus Koch. 2014. Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Deloitte. Acedido a 10 de Maio de 2016.
<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
- [23] Schmidt, Shirley. 2011. Understanding Manufacturing Execution Systems (MES). Freedom MES White Paper. Freedom Technologies. Acedido a 9 de Maio. <https://www.qad.com/Public/Collateral/Freedom%20MES%20White%20Paper.pdf>
- [24] Swanton, Bill. 1995. MES Five Years Later: Prelude To Phase III. AMR Research.
- [25] Zhang, Y., Q. Y. Dai e R. Y. Zhong. 2009. “An Extensible Event-Driven Manufacturing Management with Complex Event Processing Approach”. International Journal of Control and Automation, Setembro. Acedido a 15 de Maio de 2016.
http://www.sersc.org/journals/IJCA/vol2_no3/1.pdf

ANEXO A: Sequência de operações na unidade industrial “De Sousa”

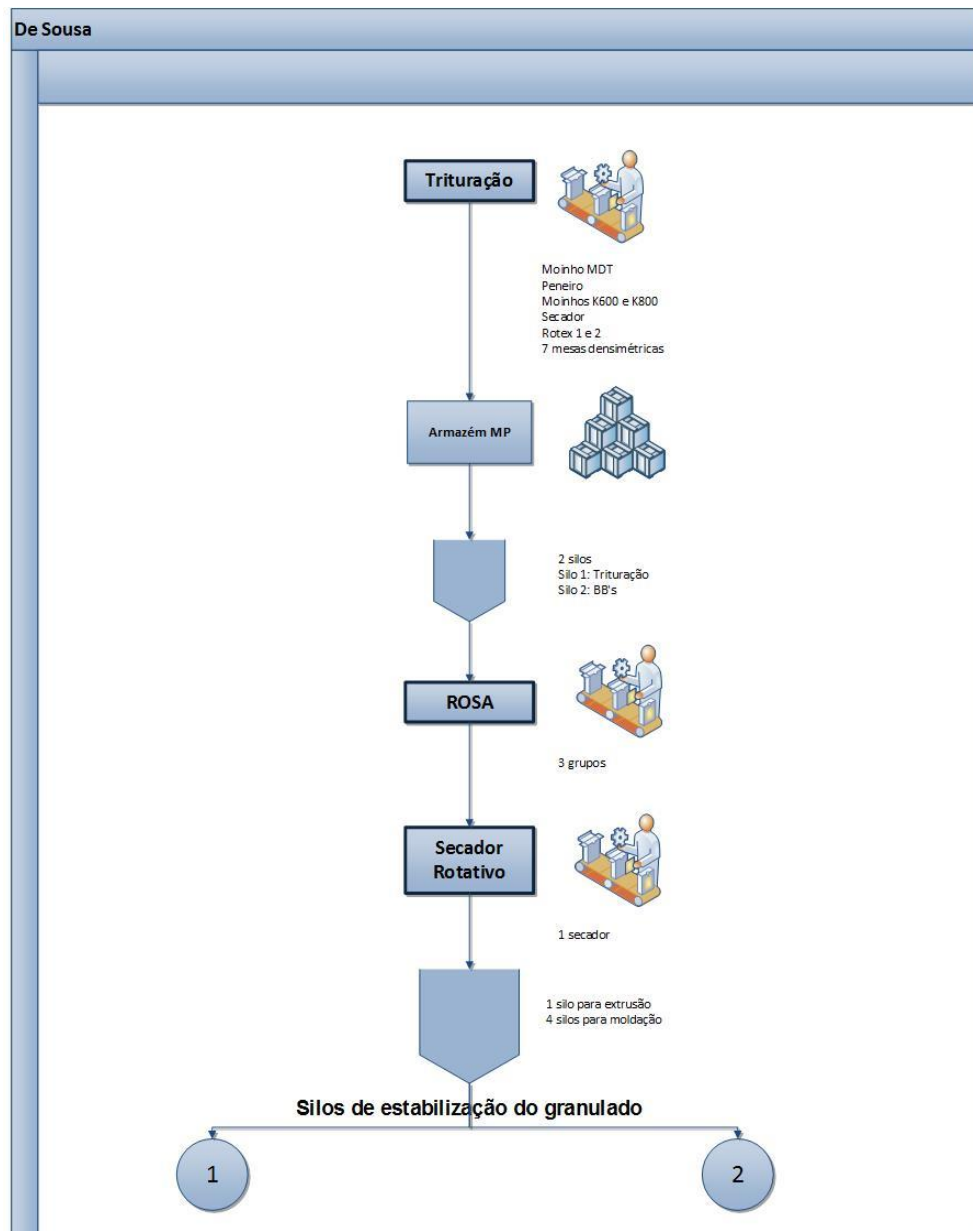


Figura 1 - Sequência de operações desde a Trituração até ao momento em que o granulado estabiliza nos silos.

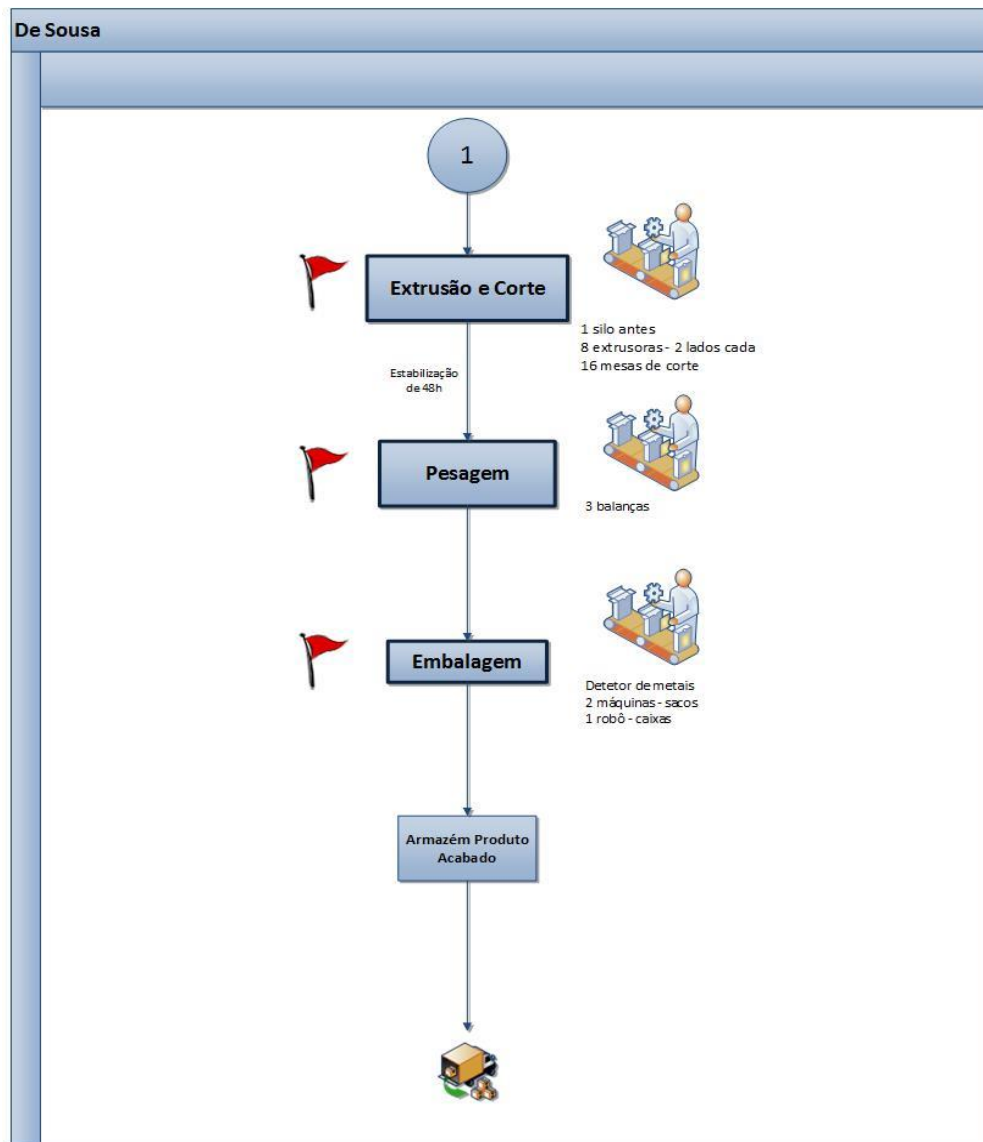


Figura 2 - Sequência de operações desde a Extrusão até ao à expedição de rolhas *Neutrotop®*.

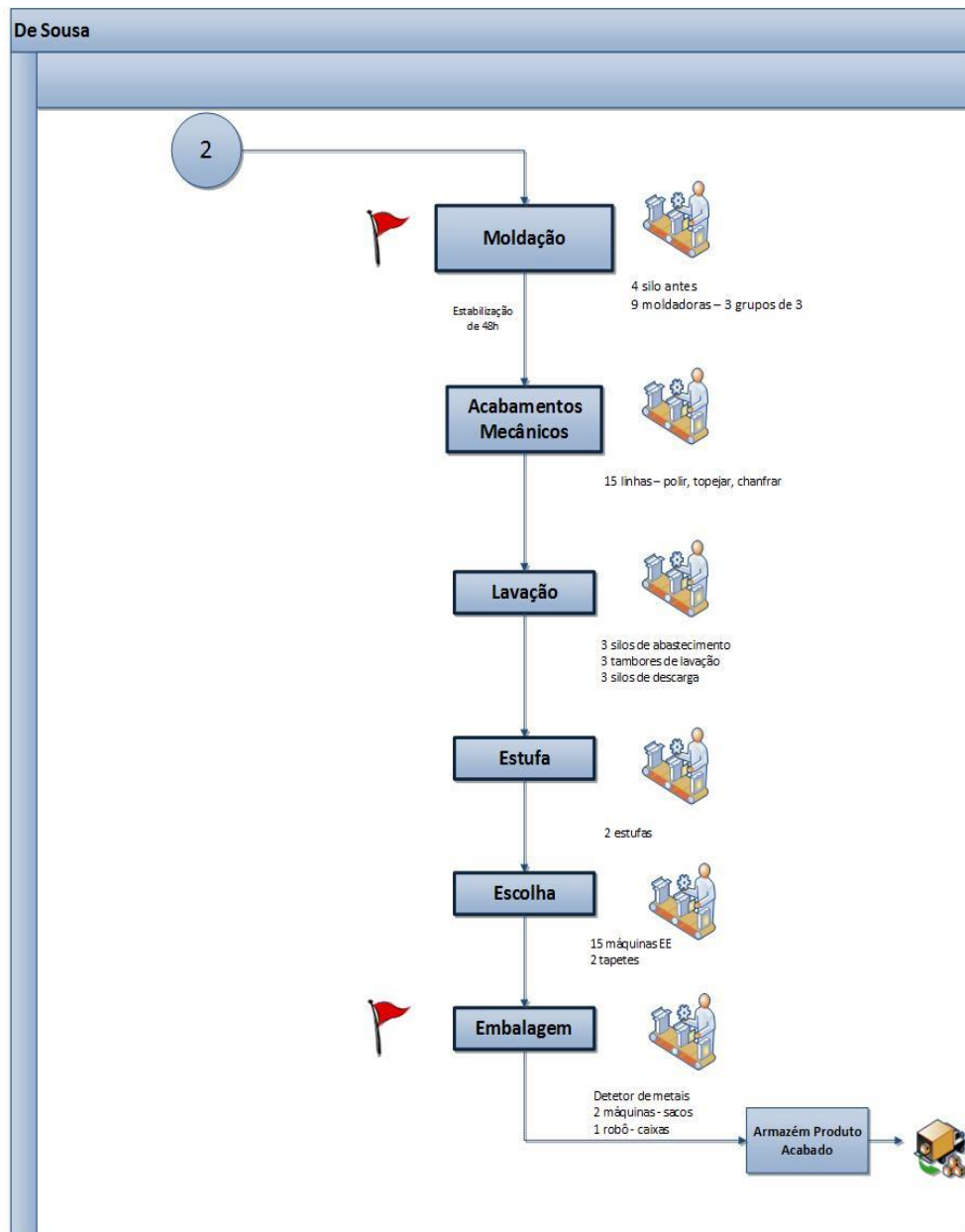
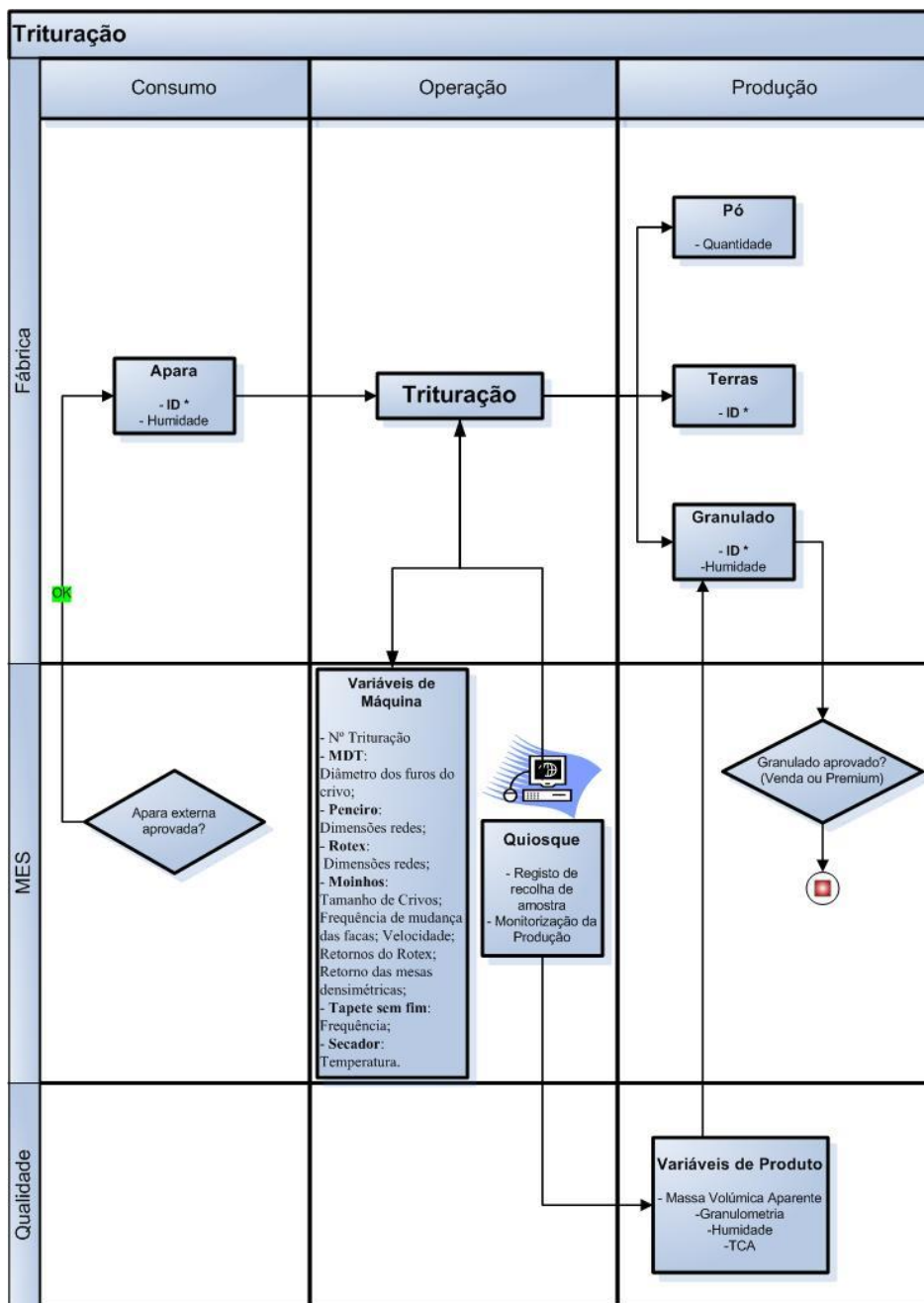


Figura 3 - Sequência de operações desde a Moldação até à expedição de rolhas *Neutrocork®*.

ANEXO B: Esquemas resumo das operações a aplicar em MES



* A quantidade corresponde ao Peso Bruto.

Figura 1 - Resumo da operação de Trituração.

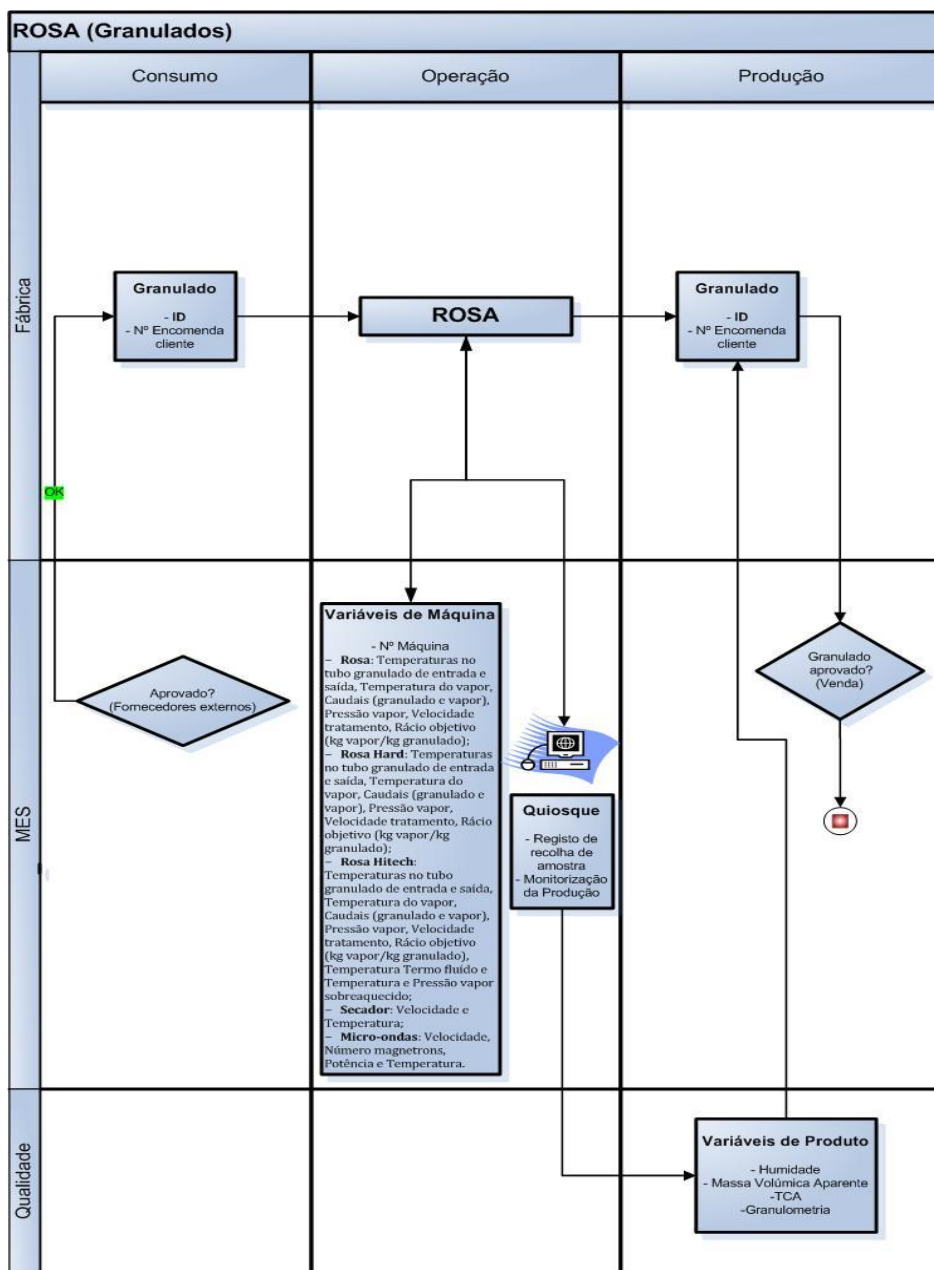


Figura 2 - Resumo da operação de tratamento do granulado (ROSA®).

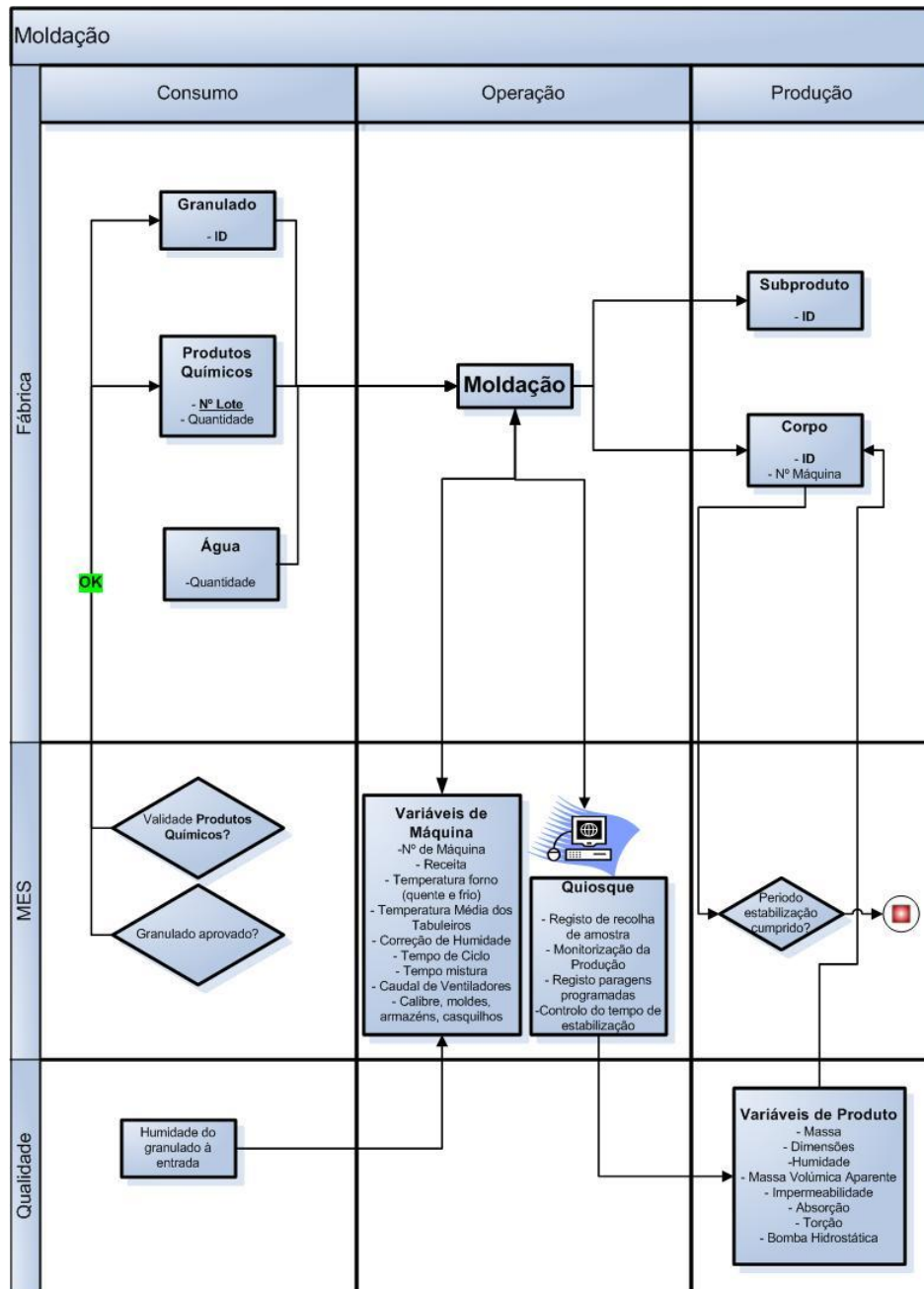


Figura 3 - Resumo da operação de Moldação.

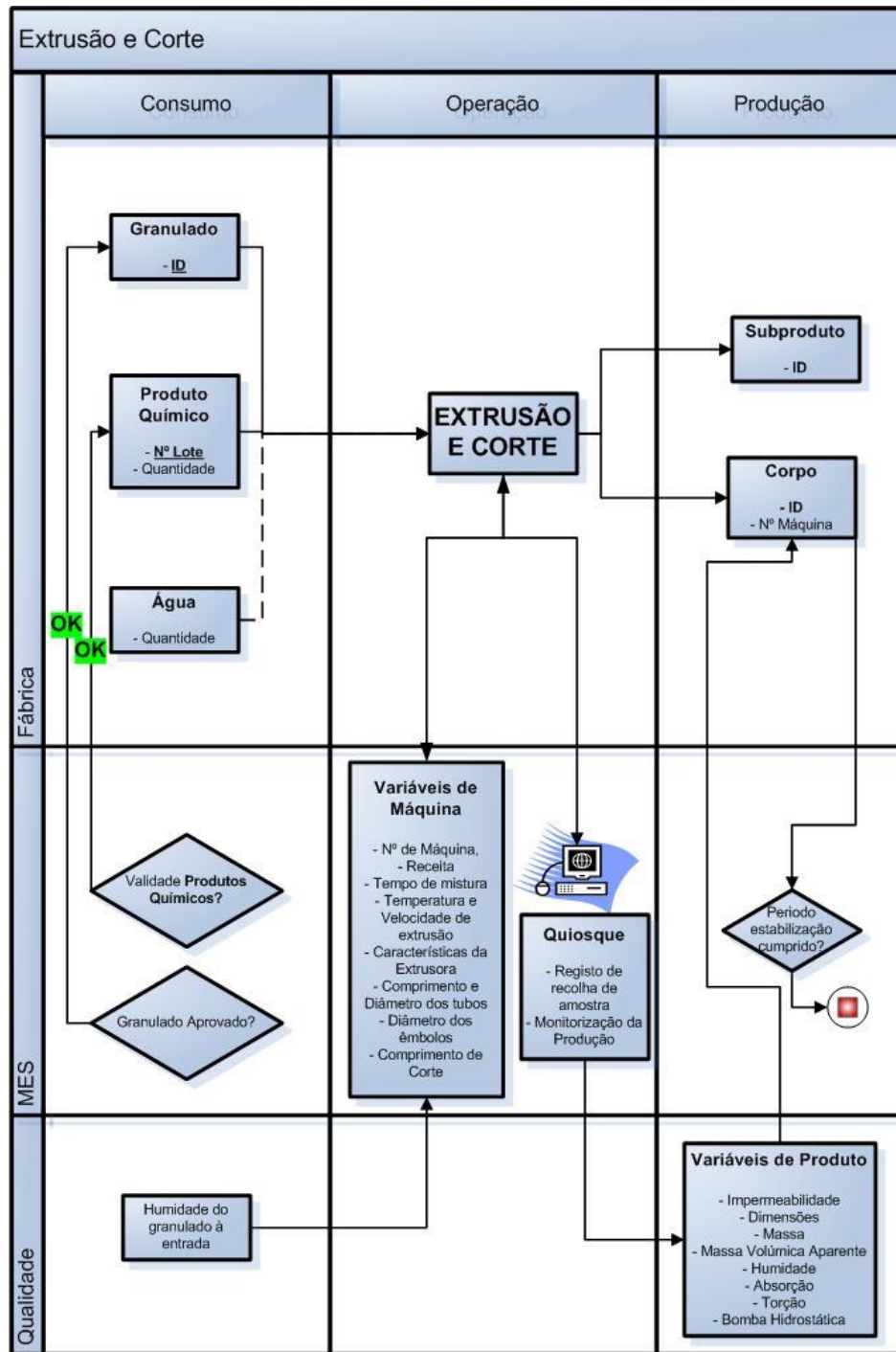


Figura 4 - Resumo da operação de Extrusão.

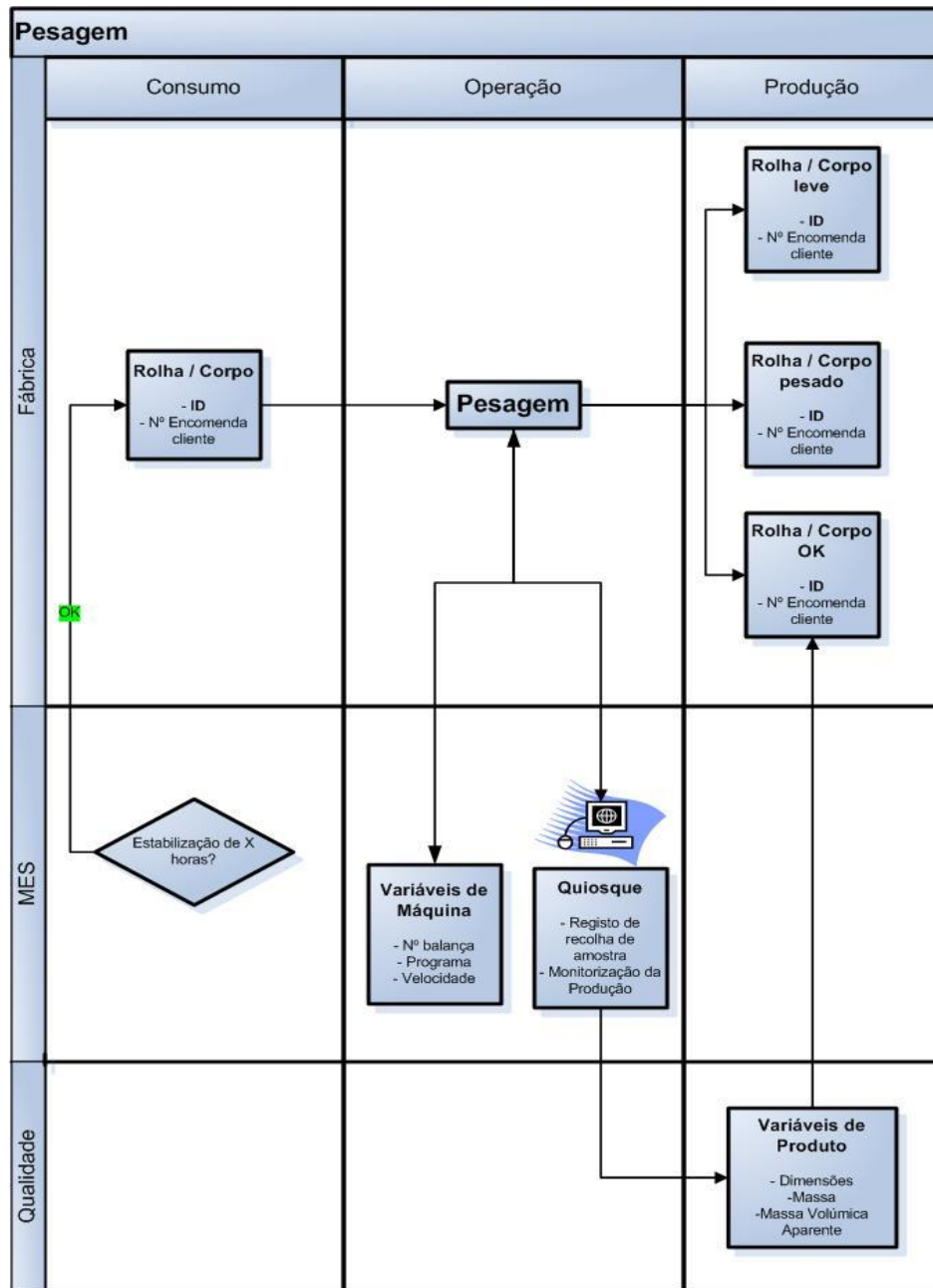


Figura 5 - Resumo da operação de Pesagem.

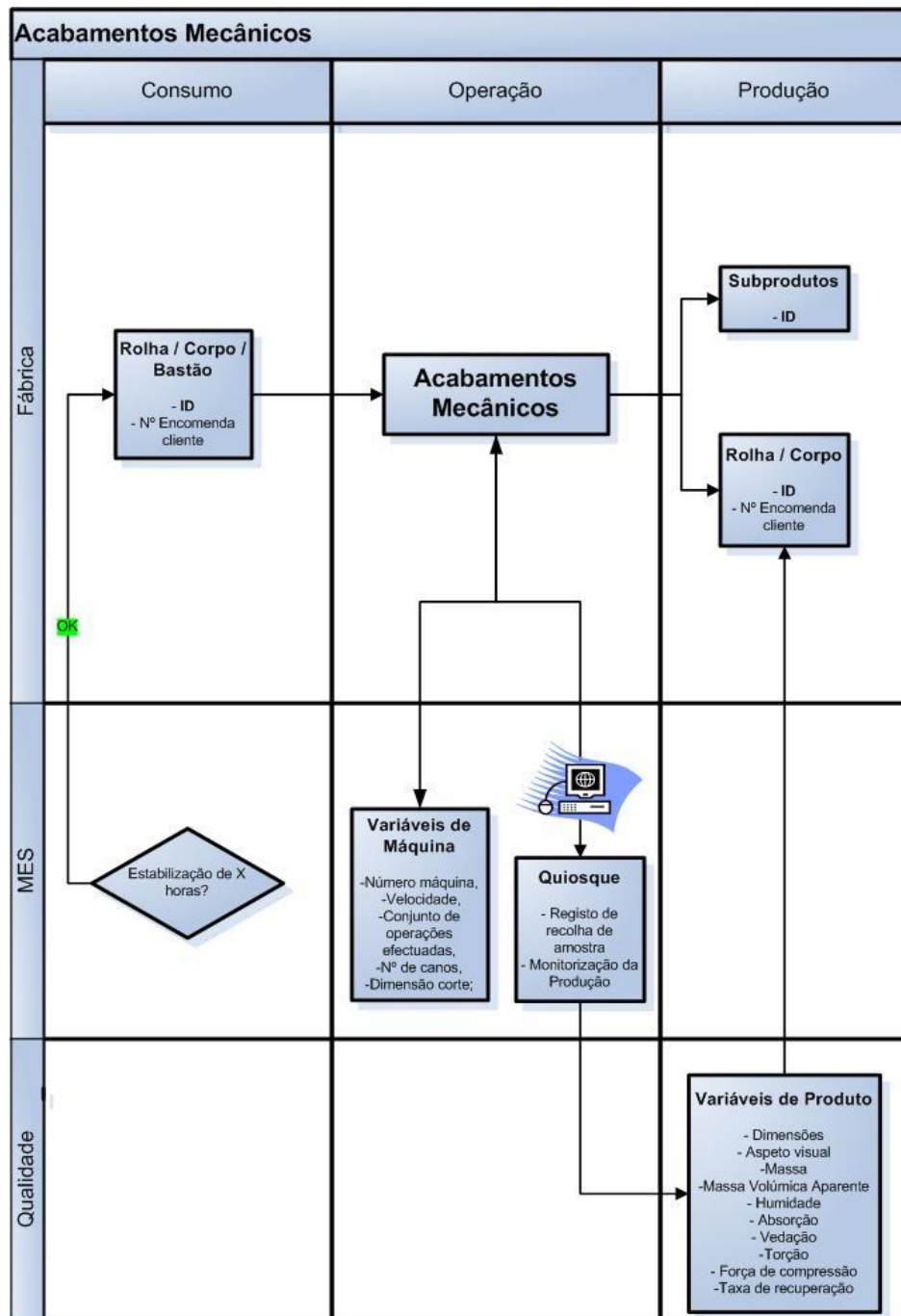


Figura 6 - Resumo da operação de Acabamentos Mecânicos.

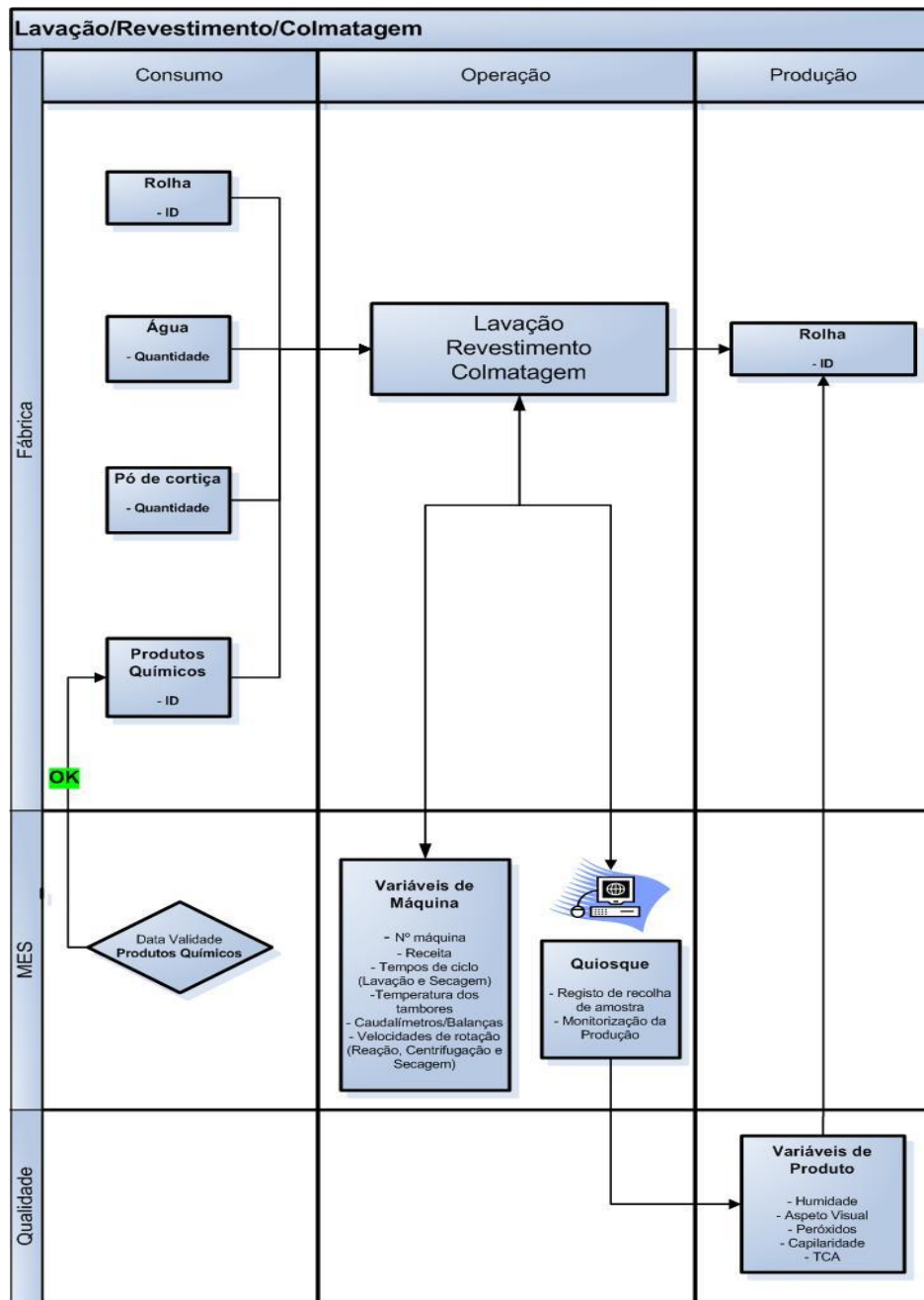


Figura 7 - Resumo da operação de Lavação.

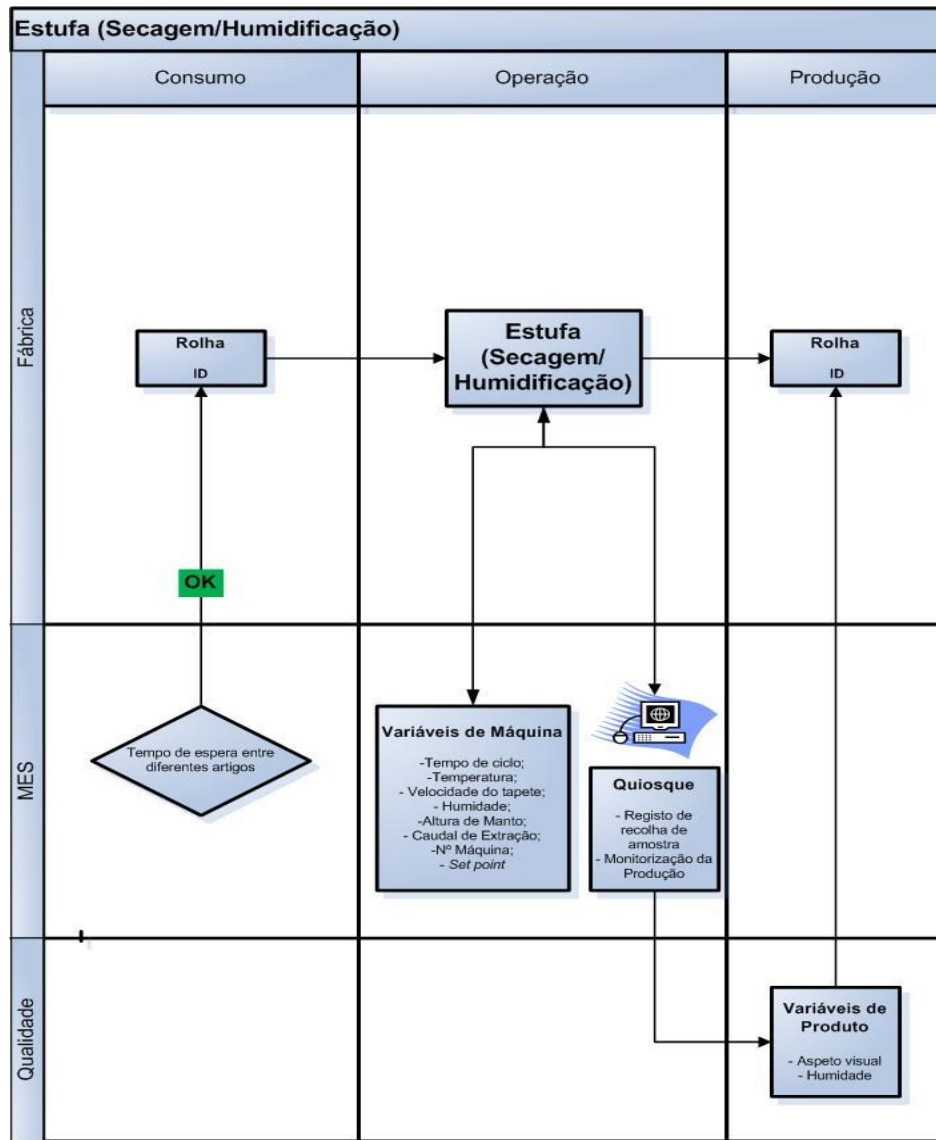
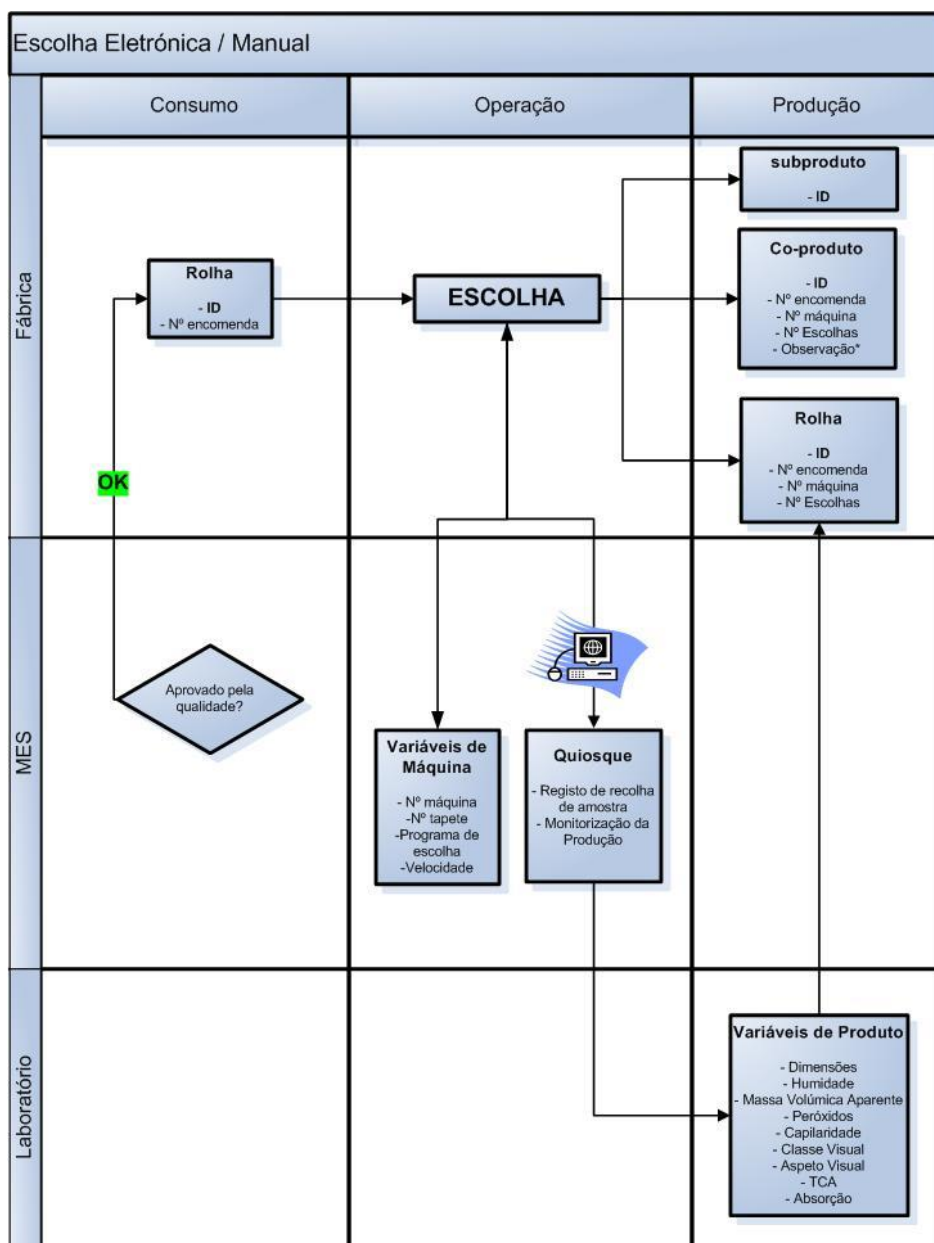


Figura 8 - Resumo da operação de Estufa.



* Campo identificativo de Refugo em função de escolha de Cliente.

Figura 9 - Resumo da operação de Escolha eletrónica/manual.

ANEXO C: Mapa da zona de estabilização

9101	9201	8101	8201	7101	7201	6101	6201	5101	5201	4101	4201	3101	3201	2101	2201	1101	1201
9102	9202	8102	8202	7102	7202	6102	6202	5102	5202	4102	4202	3102	3202	2102	2202	1102	1202
9103	9203	8103	8203	7103	7203	6103	6203	5103	5203	4103	4203	3103	3203	2103	2203	1103	1203
9104	9204	8104	8204	7104	7204	6104	6204	5104	5204	4104	4204	3104	3204	2104	2204	1104	1204
9105	9205	8105	8205	7105	7205	6105	6205	5105	5205	4105	4205	3105	3205	2105	2205	1105	1205
9106	9206	8106	8206	7106	7206	6106	6206	5106	5206	4106	4206	3106	3206	2106	2206	1106	1206
9107	9207	8107	8207	7107	7207	6107	6207	5107	5207	4107	4207	3107	3207	2107	2207	1107	1207
9108	9208	8108	8208	7108	7208	6108	6208	5108	5208	4108	4208	3108	3208	2108	2208	1108	1208
9109	9209	8109	8209	7109	7209	6109	6209	5109	5209	4109	4209	3109	3209	2109	2209	1109	1209
9110	9210	8110	8210	7110	7210	6110	6210	5110	5210	4110	4210	3110	3210	2110	2210	1110	1210
9111	9211	8111	8211	7111	7211	6111	6211	5111	5211	4111	4211	3111	3211	2111	2211	1111	1211
9112	9212	8112	8212	7112	7212	6112	6212	5112	5212	4112	4212	3112	3212	2112	2212	1112	1212
9113	9213	8113	8213	7113	7213	6113	6213	5113	5213	4113	4213	3113	3213	2113	2213	1113	1213
9114	9214	8114	8214	7114	7214	6114	6214	5114	5214	4114	4214	3114	3214	2114	2214	1114	1214
9115	9215	8115	8215	7115	7215	6115	6215	5115	5215	4115	4215	3115	3215	2115	2215	1115	1215
9116	9216	8116	8216	7116	7216	6116	6216	5116	5216	4116	4216	3116	3216	2116	2216	1116	1216
9117	9217	8117	8217	7117	7217	6117	6217	5117	5217	4117	4217	3117	3217	2117	2217	1117	1217
9118	9218	8118	8218	7118	7218	6118	6218	5118	5218	4118	4218	3118	3218	2118	2218	1118	1218

M9

M8

M7

M6

M5

M4

M3

M2

M1

Figura 1 - Mapa da zona de estabilização de corpos ou rolhas.

**ANEXO D: MES AI 2016 - Levantamento de Requisitos por Operação
(em volume separado)**